



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**PROBLEMATIKA LEGISLATIVNÍCH TESTŮ PŘI  
HODNOCENÍ PRODUKCE ŠKODLIVIN VE  
VÝFUKOVÝCH PLYNECH**

ISSUES OF LEGISLATIVE TESTS IN THE ASSESSMENT OF EXHAUST POLLUTANTS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Martin Filák

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Martin Beran

**BRNO 2018**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Martin Filák**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Beran**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Problematika legislativních testů při hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Práce bude zaměřena na rozbor metodiky legislativních testů měření produkce škodlivin ve výfukových plynech vzhledem k možnostem záměrného ovlivnění naměřených výsledků. (viz. kauza dieselgate).

### **Cíle bakalářské práce:**

Současný přehled používaných způsobů snižování produkce škodlivin ve výfukových plynech moderních automobilů.

Stručný přehled legislativních požadavků na soudobé automobily.

Metodika měření škodlivin ve výfukových plynech prostřednictvím NEDC.

Zhodnocení měření pomocí NEDC jízdního cyklu vzhledem k možnostem záměrného ovlivnění výsledků.

Nové způsoby vyhodocování produkce škodlivin vzhledem k legislativním požadavkům.

### **Seznam doporučené literatury:**

Exhaust Systems for Motor Vehicles : Catalytic Converters for Otto Cycle Engines. Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 2001. 70 s.

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HECK, R. and FARRATO, R.: Catalytic air pollution control: Commercial Technology. 2nd edition. New York, 2002. 391 p. ISBN 0-471-43624-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou legislativních testů při hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech. Je zaměřena hlavně na problematiku emisních norem, předpisů a principů pro omezování vzniku emisí. Kromě přehledu aktuálních požadavků jsou zmíněny též výhody a nevýhody jednotlivých norem spolu s návrhy na jejich vylepšení. Práce také zahrnuje přehled dění kolem kauzy Dieselgate a její dopady na společnost.

## KLÍČOVÁ SLOVA

emise, emisní test, spalovací motor, emisní normy, norma, automobil, kauza, Dieselgate

## ABSTRACT

This thesis deals with issues of legislative tests in the assessment of exhaust pollutants. It is mainly focused on the issues of the emission standards, the regulations and the principles of limiting the emissions. This thesis also includes an overview of the Dieselgate case and its impact on the society.

## KEYWORDS

emissions, emission test, combustion engine, emission standards, standard, automobile, case, Dieselgate

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FILÁK, M. Problematika legislativních testů při hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 61 s. Vedoucí bakalářské práce Martin Beran.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

Martin Filák

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Martinu Beranovi za pomoc, odborné rady a cenné připomínky při vypracovávání této práce. Velký dík náleží též rodině, přítelkyni a kamarádům za trpělivost a podporu během celého studia.

## OBSAH

Úvod .....	11
1 Vlivy emisí .....	12
1.1 Vliv na člověka .....	12
1.1.1 Oxidy uhlíku .....	13
1.1.2 Oxidy dusíku .....	13
1.1.3 Další produkty spalování .....	13
1.2 Vliv na přírodu .....	13
1.2.1 NO <sub>x</sub> .....	14
1.2.2 CO <sub>2</sub> .....	14
1.2.3 SO <sub>2</sub> .....	14
2 Historie .....	16
2.1 Přelom 19. a 20. století .....	16
2.2 Polovina 20. století .....	16
2.3 Evropa .....	17
Emisní norma EURO .....	17
2.4 Zahraničí .....	19
FTP-75 .....	19
Kalifornské emisní normy .....	20
Japonský jízdní cyklus .....	20
3 Současné způsoby snižování produkce výfukových škodlivin .....	21
3.1 Aktivní .....	21
3.1.1 Před spalováním .....	21
Směšovací poměr Lambda .....	21
Tvorba směsi .....	22
3.1.2 Při spalování .....	22
Předstih u zážehových motorů .....	22
Recirkulace výfukových plynů .....	22
Volba kompresního poměru .....	23
Další .....	23

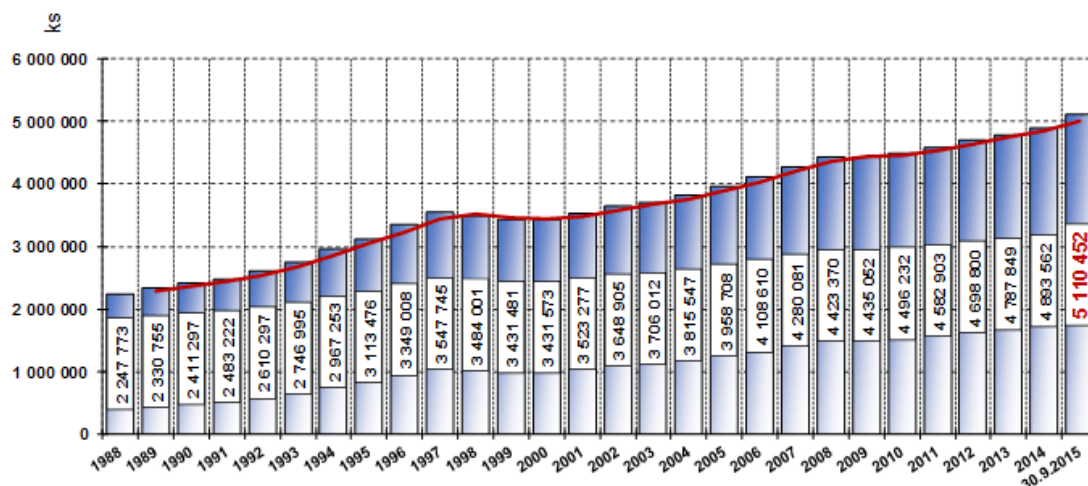


3.2	Pasivní – po spalování .....	24
3.2.1	Katalyzátory.....	24
	Třicestný .....	24
	Oxidační .....	25
	SCR.....	25
3.2.2	Filtr pevných částic.....	26
4	Legislativní požadavky na soudobé automobily .....	28
4.1	Jízdní cykly .....	28
4.1.1	Laboratorní podmínky .....	28
4.1.2	Skutečný provoz .....	29
4.1.3	Rozdíl laboratorních a skutečných měření .....	29
4.2	Spotřeba ► emise .....	29
4.3	Měření na SME .....	30
5	Metodika měření škodlivin ve výfukových plynech prostřednictvím NEDC .....	31
5.1	Rozdělení .....	33
5.1.1	Zkouška I.....	33
	Městský cyklus .....	34
	Mimoměstský cyklus.....	35
5.1.2	Zkouška II.....	36
5.1.3	Zkouška III .....	36
5.1.4	Zkouška IV .....	36
5.1.5	Zkouška V .....	36
5.1.6	Zkouška VI .....	37
5.1.7	Zkouška VII.....	37
5.2	Příklad.....	37
5.2.1	Zkouška I – příklad.....	37
5.2.2	Zkouška II – příklad .....	38
5.2.3	Zkouška III – příklad .....	38
5.2.4	Zkouška IV – příklad.....	38
5.2.5	Zkouška V – příklad .....	39
5.2.6	Zkouška VI – příklad.....	39

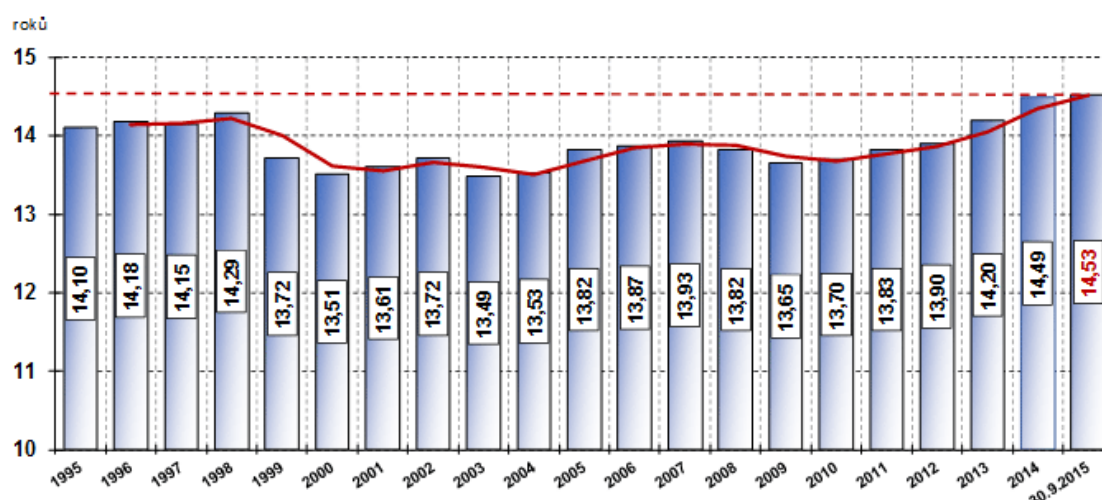
5.2.7	Zkouška VII - příklad .....	39
6	NEDC jako etalon měření .....	40
6.1	Cesty pro plnění emisních limitů .....	40
6.1.1	Charakteristika motorů v různých oblastech zatížení.....	40
6.1.2	Start – stop systém.....	40
6.1.3	Dva okruhy chlazení .....	41
6.1.4	Downsizing.....	41
6.1.5	Hybridy a elektromobily.....	42
6.1.6	Softwarové řešení .....	42
6.2	Nedostatky měření pomocí NEDC .....	43
7	Nové způsoby vyhodnocení produkce škodlivin.....	44
7.1	NEDC vs. WLTP a RDE .....	44
7.2	Kooperace měření .....	46
8	Dieselgate .....	47
8.1	Průběh .....	47
8.2	Žaloby .....	47
8.3	Ostatní výrobci.....	48
8.4	Dopady na společnost .....	48
9	Shrnutí tématiky .....	50
9.1	Klady.....	50
9.2	Zápory .....	50
9.3	Vlastní názor .....	50
9.4	Možnosti zlepšení .....	51
9.5	Vyhlídky do budoucna.....	51
	Závěr.....	53
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	60

## ÚVOD

V dobách dávno minulých, kdy byly spalovací motory po usilovném boji s parními stroji na vzestupu, se na ekologii motorismu nikterak nedbalo, tehdejší zákonodárci byli nadšeni novinkami v oblasti pohonů a nikoho nenapadlo, že by se vozidla mohla nějak kontrolovat, omezovat, či jim předepisovat povolené hodnoty vypouštěných emisí. To se však bavíme o období prvopočátků vozidel se spalovacími motory (přelom 19. a 20. století) až do přibližně poloviny 20. století, kdy světové trendy začaly mířit směrem „myšlení na budoucí generace“. Hnacím mechanismem byl rostoucí počet automobilů, které i díky vyšším výkonům, rychlostem, hmotnostem a velikostem musely zákonitě více zatěžovat životní prostředí.



Obr. 1 – počty registrovaných osobních automobilů v ČR [1]



Obr. 2 – průměrné stáří osobních automobilů v ČR [1]

# 1 VLIVY EMISÍ

Emise a škodliviny ve výfukových plynech mají velký dopad na člověka i na životní prostředí jako celek. U lidí mohou způsobovat různá onemocnění, zdravotní obtíže a komplikace a v přírodě vedou třeba k úbytku lesů, znečištění zásob vody, znehodnocení půdy atp.



*Obr. 3 – osobní automobily vypouštějící emise při čekání v koloně [2]*

## 1.1 VLIV NA ČLOVĚKA

Díky vývoji technologií jako celku bylo možno později začít rozpoznávat jaké emise jsou vůbec z výfuků spalovacích motorů vypouštěny do ovzduší. Laboratoře zahájily rozpoznávání jednotlivých složek spalin a započalo zkoumání vlivů na životní prostředí a samotného člověka. Bylo zjištěno, že největší podíl ve výfukových spalinách mají, když se zaměříme pouze na spalovací motory a vynecháme ostatní znečišťující faktory jako lokální topeniště, továrny atp., právě oxidy dusíku a uhlíku, nespálené uhlovodíky a další prvky a doprovodné složky.



*Obr. 4 – respirační onemocnění [3]*

### 1.1.1 OXIDY UHLÍKU

CO a CO<sub>2</sub>, tedy oxid uhelnatý a uhličitý spojují základní znaky – jsou to plynné bezbarvé sloučeniny kyslíku a uhlíku a nelze je poznat ani čichem ani jiným lidským vjemem. Oxid uhelnatý je jedovatý, protože se váže na hemoglobin (krevní barvivo) asi 300x rychleji než kyslík, a proto snadněji prochází do tkání, kde vytlačuje kyslík. Oxid uhelnatý vzniká při nedokonalém spalování uhlovodíků a v atmosféře poměrně rychle oxiduje na oxid uhličitý, který oproti oxidu uhelnatému není jedovatý, avšak způsobuje skleníkový efekt, a navíc umocňuje účinky CO. [4], [5]

### 1.1.2 OXIDY DUSÍKU

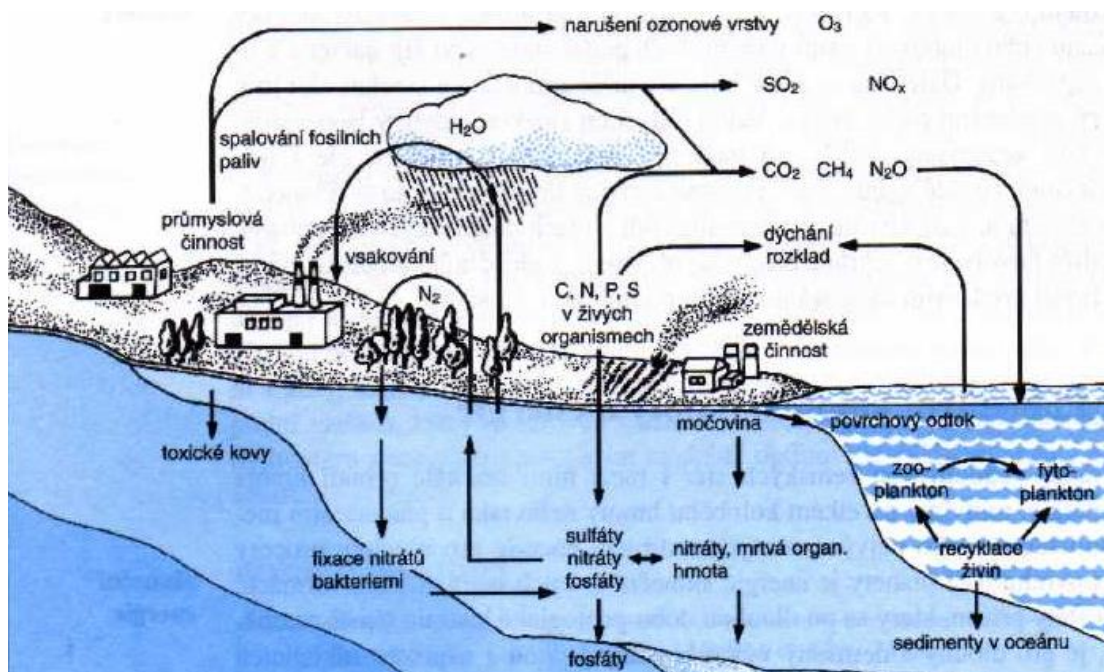
Hlavně NO a NO<sub>2</sub> jsou oproti oxidům uhlíku dráždivé v plicích a na sliznicích horních cest dýchacích. Vznikají při spalování za vysokých teplot a tlaků s přebytkem kyslíku a některé NO<sub>x</sub> jsou zdraví škodlivé. Podíl oxidů dusíku roste také při různých technikách pro snížení spotřeby, kdy se motory dostávají do rozličných oblastí zatížení, protože účinnější spalování jde ruku v ruce s vyššími teplotami. Proto se u moderních vznětových motorů dostáváme do situace, kdy jsou sice potlačeny CO<sub>x</sub>, avšak dalšími metodami je nutné snižovat NO<sub>x</sub>. [4], [6]

### 1.1.3 DALŠÍ PRODUKTY SPALOVÁNÍ

Oxid siřičitý SO<sub>2</sub> je bezbarvý, nehořlavý, štiplavě páchnoucí plyn napadající sliznici a plíce. Obsah síry se snižuje používáním paliv s nižším obsahem sirných sloučenin. Podobně i olovo (Pb) je ovlivňováno palivem, které je aktuálně již nahrazeno aditivou pro lepší mazací účinky. V neposlední řadě se výfukových plynů týkají též saze, které krom mechanického dráždění fungují též jako nosiče mutagenů a karcinogenů. Na závěr lze zmínit ještě prvky jako dusík a kyslík, které provází spalování a také vychází z výfuku do ovzduší. Dusík se v nezměněné formě vrací po spalování zpět do atmosféry, jen jeho malá část reaguje s kyslíkem a vytváří NO<sub>x</sub>. Důležitý je také vliv uhlovodíků HC, které v různých podobách dráždí sliznice a oči, některé jsou dokonce karcinogenní. [5], [8]

## 1.2 VLIV NA PŘÍRODU

Znečištěné ovzduší každoročně způsobí velké škody na vegetaci. Nejohroženější jsou lesy v horských oblastech, které jsou v dosahu velkých zdrojů průmyslového znečištění. Kdysi byly na našem území a v okolních státech největším problémem uhelné elektrárny a jejich oxidy síry (SO<sub>x</sub>). Později po postupném odsiřování elektráren klesaly emise síry a zvýšil se podíl oxidů dusíku, které už tolik neškodí lesům, ale mají zase jiné negativní účinky. [7]



Obr. 5 – koloběh škodlivých látek v přírodě [9]

### 1.2.1 NO<sub>x</sub>

Vliv NO<sub>x</sub> na rostliny je závislý na koncentraci této látky. Nižší koncentrace působí na rostliny pozitivně, při vyšších koncentracích se začne chovat toxicky. Oxidy dusíku se začnou projevovat toxicky ve chvíli, kdy koncentrace NO<sub>x</sub> přesáhne hodnotu potřebnou pro výživu dané rostliny, přičemž tato hodnota se u každého druhu liší. [7]

### 1.2.2 CO<sub>2</sub>

Oxid uhličitý má nejzásadnější vliv na prostředí z pohledu skleníkových plynů podobně jako metan. Automobilová doprava je, hned po průmyslové výrobě a vytápění domácností, třetím největším producentem oxidu uhličitého, přičemž nákladní automobily mají podíl na produkci oxidu uhličitého až 25 %. [7]

### 1.2.3 SO<sub>2</sub>

Větší množství oxidu siřičitého vznikne při spalování nekvalitního paliva, kde je vyšší obsah síry. Ten je pak z ovzduší vymýván srážkami a na zemi následně odplavuje z půdy ionty vápníku, sodíku, draslíku a hořčíku. Po odplavení těchto iontů dochází k celkové degradaci půdního ekosystému, kde nejméně odolné jsou horské půdy, které z důvodu drsných podmínek,

menšího obsahu kationtů a vysokého přísunu kyselin (v mracích se mohou oxidy síry přesunovat na vzdálenosti stovek kilometrů) dávají nejvíce najevo devastující účinky kyselých dešťů. V zimě zase působí nepříznivě námrazy na listech rostlin, kde taktéž dochází ke koncentraci kyselosti, ta se pak může snadněji dostat až do vnitřního oběhu rostliny. Ta se pak stává náchylnější na napadení přirozenými patogeny. [7]

## 2 HISTORIE

Jak již bylo zmíněno v úvodu, na počátku motorismu se krom bezpečnosti nehledělo ani na emise, kdy byli všichni nadšeni z nových objevů a nějaké ekologické myšlenky začaly společnost napadat až postupem času, kdy bylo možné dopady průmyslu pozorovat na samotné přírodě, člověku atp.



*Obr. 6 – kůň a auto [10]*

### 2.1 PŘELOM 19. A 20. STOLETÍ

Na přelomu devatenáctého a dvacátého století šlo právě o to, že se žádné emise neřešily. Bylo to způsobeno jak tím, že v onu dobu nešlo odhadnout, jak se automobilový průmysl ujme, když doposud veškerý transport po zemi zprostředkovávali hlavně koně a také neexistovaly metodiky jak zkoumat výfukové spaliny.

### 2.2 POLOVINA 20. STOLETÍ

První náznaky kontroly emisí se objevují v 50. a 60. letech 20. století ve Spojených státech amerických v souvislosti se zkoumáním hlavních zdrojů znečištění ovzduší různými federálními úřady. Výzkumy poukázaly právě na rozvíjející se automobilový průmysl a legislativní mezeru, kdy tato problematika až na občasné místní vyhlášky nebyla nijak hlídána. Neefektivní místní vyhlášky byly postupně nahrazovány státními a federálními předpisy. Následně v roce 1967 byla založena Kalifornská vládní agentura s názvem California Air Resources Board (zkratka CARB nebo ARB) a posléze také v roce 1970 Federální agentura Spojených států pro ochranu prostředí, dnes již dosti známou pod zkratkou EPA. Obě agentury,



a v ostatních koutech světa (západní Evropa, Kanada, Japonsko, Austrálie) také další organizace, začaly vytvářet a uvádět v platnost předpisy zaměřující se na emise vozidel. [11], [12]

Úplně první legislativní emisní normy byly vyhlášeny státem Kalifornie pro vozidla prodávána v tomto státě modelového roku 1966 a jednalo se o měření částic vycházejících z výfuku. Velkoplošné platnosti bylo dosaženo v roce 1968 pro celé Spojené státy a od té doby byly normy agenturou postupně zpřísnovány.

Do roku 1974 byly normy zpřísněny natolik, že si vyžádaly složité mechanismy pro jejich dodržení, které zapříčinily snížení účinnosti motorů, a tedy zvýšení spotřeby paliva. Následující rok bylo třeba začít osazovat vozidla katalyzátory pro dodatečné zpracování výfukových plynů. Použití katalyzátoru se však vylučovalo s tehdejšími olovnatými benziny, kdy olovo z paliva zanášelo platinový katalyzátor. Také proto se společnost General Motors snažila prosadit již v roce 1972, aby pro vozidla od roku 1975 byla určena pouze bezolovnatá paliva. Tyto rysy se zachovaly do dnešní doby, kdy olovnatá paliva téměř nejsou k sehnání a drtivá většina automobilů je vybavena katalyzátory. [12]

## 2.3 EVROPA

V Evropě došlo k vyvinutí vlastních emisních testů, které taktéž prochází v průběhu času postupnými úpravami, zpřísnováním a změnami měřicí metodiky. V jádru myšlenky se jedná o to, aby vypouštěné zplodiny z výfuku odpovídaly předepsaným limitům jako např. kouřivost, emise CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> a další.

Kromě osobních motorových vozidel se emisní testy týkají také jiných dopravních prostředků, tedy nákladních vozidel, motocyklů, traktorů, lokomotiv atp. Pro každý dopravní prostředek jsou předepsány jiné normy, jiné akceptovatelné hodnoty a samotný test probíhá v přesně definovaném cyklu. Testy se nezaměřují na lodní a leteckou dopravu. Nová vozidla, která zkoušku nesplní, nesmí být prodávána na evropském trhu, resp. na trzích Evropské unie. Na druhou stranu se testy nevztahují zpětně na již provozovaná vozidla, proto se lze setkat s vozidly, které z dovozových trhů mimo EU ze stejného období splňují nižší emisní třídu, ale zpětně je lze v EU provozovat bez jakýchkoliv sankcí. [13]

### EMISNÍ NORMA EURO

Pro evropské emisní testy byly určeny jednotlivé úrovně kategorie s označeními EURO x, kde „x“ je nahrazeno číslicí, či číslicí s doplňkovým písmenem pro přesnou specifikaci a rozpoznání dané kategorie. Pro lepší orientaci jsou pro osobní automobily a lehká užitková vozidla vyhrazeny arabské číslice, kdežto pro autobusy a těžké nákladní vozy římské číslovky.

První norma s označením EURO 1 se objevila v roce 1992 a od té doby se přibližně každé čtyři roky objeví nová norma (viz Tab. 1). Ke každé emisní třídě jsou přesně definovány odpovídající

hodnoty, kterých maximálně smí být při měřeních dosaženo (viz Tab. 2), avšak poměrně zásadních změn bylo dosaženo s emisní normou EURO 3, kdy vzešla v platnost povinnost výrobců vybavit všechna nově vyrobená benzinová vozidla jednotným systémem palubní diagnostiky, tzv. OBD, později OBD II (pro vznětové automobily byla tato povinnost již od EURO 4). Tehdy mimo jiné došlo k osamostatnění limitů pro oxidy dusíku a uhlovodíku na samostatné hodnoty, protože do té doby byly limity i měření brány dohromady. [14]

Tab. 1 – Normy EURO [14]

název normy	rok vstupu v platnost	označení normy
EURO 1	1993	91/441/EEC, 93/59/EEC
EURO 2	1996	94/12/EC, 96/69/EC, (moto) 2002/51/EC - 2006/120/EC
EURO 3	2000	98/69/EC, (moto) 2002/51/EC – 2006/120/EC
EURO 4	2005	98/69/EC, 2002/80/EC
EURO 5	2009	715/2007/EC
EURO 6	2014	459/2012/EC

Tab. 2 – Povolené emisní hodnoty [13]

Rok/norma		CO [g/km]		NO <sub>x</sub> [g/km]		HC + NO <sub>x</sub> [g/km]		HC [g/km]	PČ [g/km]
1992	I	3,16	3,16	–	–	1,13	1,13	–	0,18
1996	II	2,20	1,00	–	–	0,50	0,70*	–	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	–	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	–	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	–	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	–	0,17	0,10	0,005

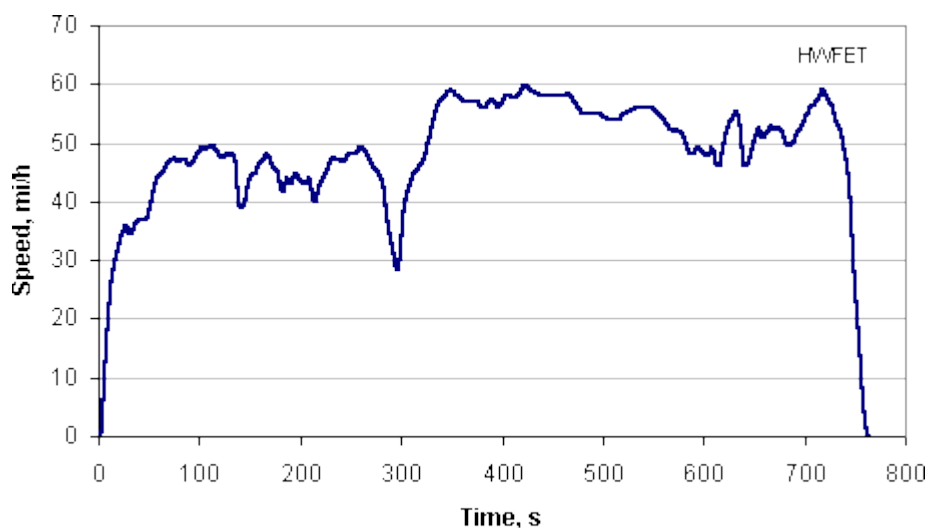
BENZÍNOVÉ MOTORY, NAFTOVÉ MOTORY

## 2.4 ZAHRANIČÍ

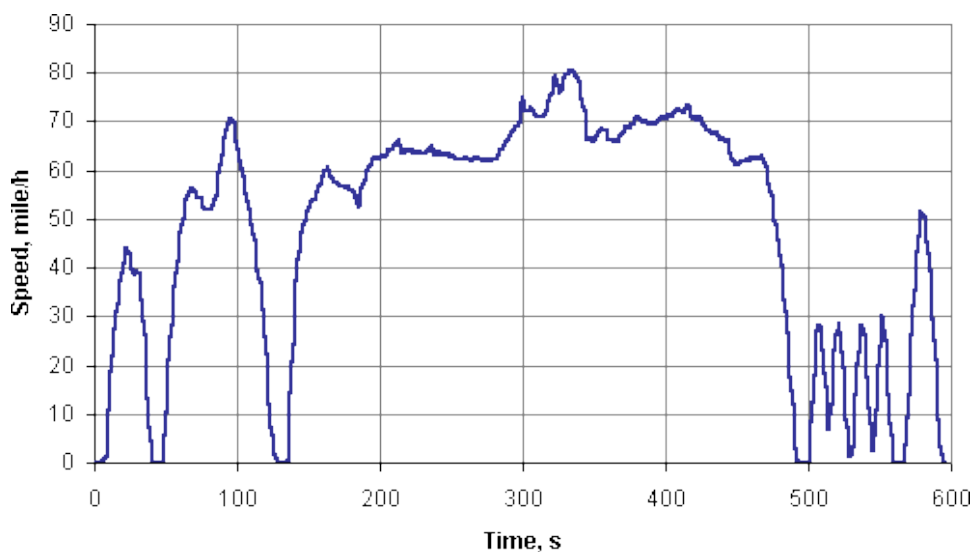
Dá se říci, že na každém kontinentu se vývoj emisních norem řídil vlastními pravidly, kdy do dnešní doby zůstaly čtyři hlavní instituce. Jsou jimi: na starém kontinentu - Evropská komise (EC), v USA Environmental Protection Agency (EPA) a specificky v Kalifornii California Air Resources Board (CARB) a v Japonsku Japonské ministerstvo dopravy. Každá instituce nastavila specifické podmínky a vytvořila vlastní soubor předpisů, takže u nás je to prozatím v platnosti Evropský jízdní cyklus NEDC, který je však už mírně na ústupu a nastupovat bude úplně nový cyklus WLTP; ve Spojených státech je v platnosti cyklus FTP-75 a v Japonsku jízdní cyklus 10-15.

### FTP-75

Federal Test Procedure, též známé jako jízdní cyklus FTP-75, je americký jízdní cyklus vytvořený pro simulaci městského provozu, pro měření výfukových emisí osobních vozů a lehkých užitkových vozů vyjma nákladních vozů. V této době je samotný FTP-75 trvající 505 vteřin doplněn o simulaci jízdy po dálnici (HWFET), agresivní jízdy (SFTP US06) a případně též doplňujícím SFTP SC03 pro ještě přesnější výsledky testů. [15], [16]



Obr. 7 – jízdní cyklus HWFET (simulace dálnice) [17]



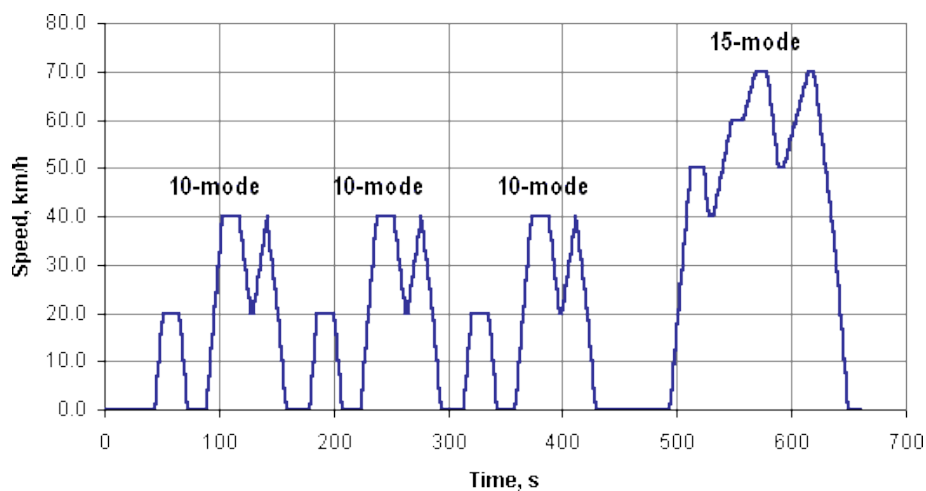
Obr. 8 – jízdní cyklus SFTP US06 (simulace agresivní jízdy) [18]

### KALIFORNSKÉ EMISNÍ NORMY

Tyto normy patří všeobecně mezi nejprísnejší a jsou přejaté z California Air Resources Board (CARB) v rámci EPA.

### JAPONSKÝ JÍZDNÍ CYKLUS

Úřady v Japonsku vytvořily vlastní jízdní test očíslovaný 10-15. Jedná se o obdobu již výše zmíněných testů a skládá se ze segmentů složených označených čísly 10 a 15. Celková vzdálenost jízdy je v celém testu 4,16 km a průměrná rychlost 22,7 km/h s trváním 660 vteřin v případě tří sekcí s označením „10“, v případě přidání sekce „15“ se hodnoty zvýší na 6,34 km, 25,6 km/h a 892 vteřin. [19]



Obr. 9 – Japonský jízdní cyklus 10-15 [19]

### 3 SOUČASNÉ ZPŮSOBY SNIŽOVÁNÍ PRODUKCE VÝFUKOVÝCH ŠKODLIVIN

Škodlivé emise je možné ovlivňovat několika způsoby a zároveň je možné tyto způsoby rozdělit dle odlišných kritérií. Základním dělením jsou kategorie aktivního a pasivního snižování škodlivin, kdy aktivní působí přímo proti vzniku výfukových škodlivin a pasivní principy škodliviny po jejich vzniku odbourávají nebo upravují do méně škodlivé podoby. Z tohoto dělení tedy plyne další rozdělení na snižování produkce před, při a po spalování.

Pro názornost jsou zmíněni jedni z nejznámějších zástupců každé kategorie.

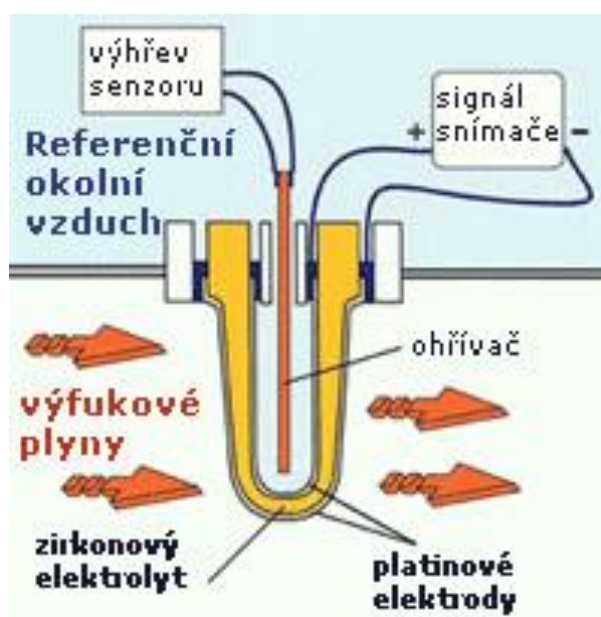
#### 3.1 AKTIVNÍ

Aktivní způsob snižování emisí je založen na principu technických úprav, změn nastavení motoru, a především přípravy směsi.

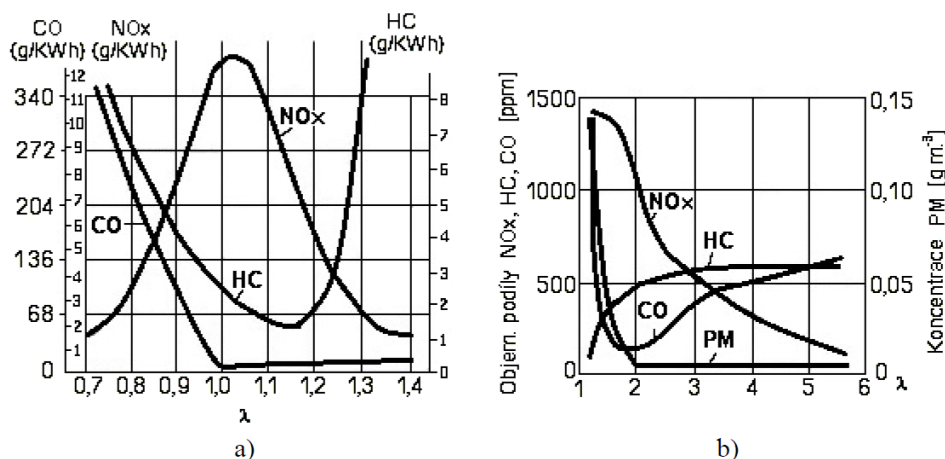
##### 3.1.1 PŘED SPALOVÁNÍM

##### SMĚŠOVACÍ POMĚR LAMBDA

U zážehového motoru je pro přípravu směsi jedním z hlavních kritérií směšovací poměr vzduchu –  $\lambda$ . Různé hodnoty tohoto poměru jsou číselným označením lidových názvů v podobě chudé a bohaté směsi, kdy  $\lambda > 1$  je chudší směs a naopak. Pokud je hodnota pod 1, snižuje se množství vytvořeného oxidu uhelnatého, ale s dalším ochuzováním směsi pod určitou mez začíná docházet k vynechávání zápalů, čímž se zvyšuje tvorba nespálených uhlovodíků, proto nesmí být směšovací poměr příliš velký. [20]



Obr. 10 – Lambda sonda [21]



Obr. 11 – Průběh závislosti emisí na přebytku vzduchu – a) zážehový motor, b) vznětový motor [22]

## TVORBA SMĚSI

Obdobou směšovacího poměru vzduchu u zážehového motoru je součinitel přebytku vzduchu u motorů vznětových. Přepřehované motory jsou náchylnější k růstu emisí NO<sub>x</sub> při poklesu přebytku vzduchu. Pro tvorbu směsi je důležitým faktorem též návrh samotné plnicí soustavy a řízený pohyb náplně válce. Hlavním cílem návrhu plnění motoru je co největší rychlost promísení paliva a vzduchu ve válci, ke kterému dojde po vstřiku paliva. K lepšímu promísení napomáhá jak přepřehování, tak také chlazení nasávaného vzduchu v mezichladiči – oba úkony vedou k většímu objemu nasátého vzduchu do válce. [22]

### 3.1.2 PŘI SPALOVÁNÍ

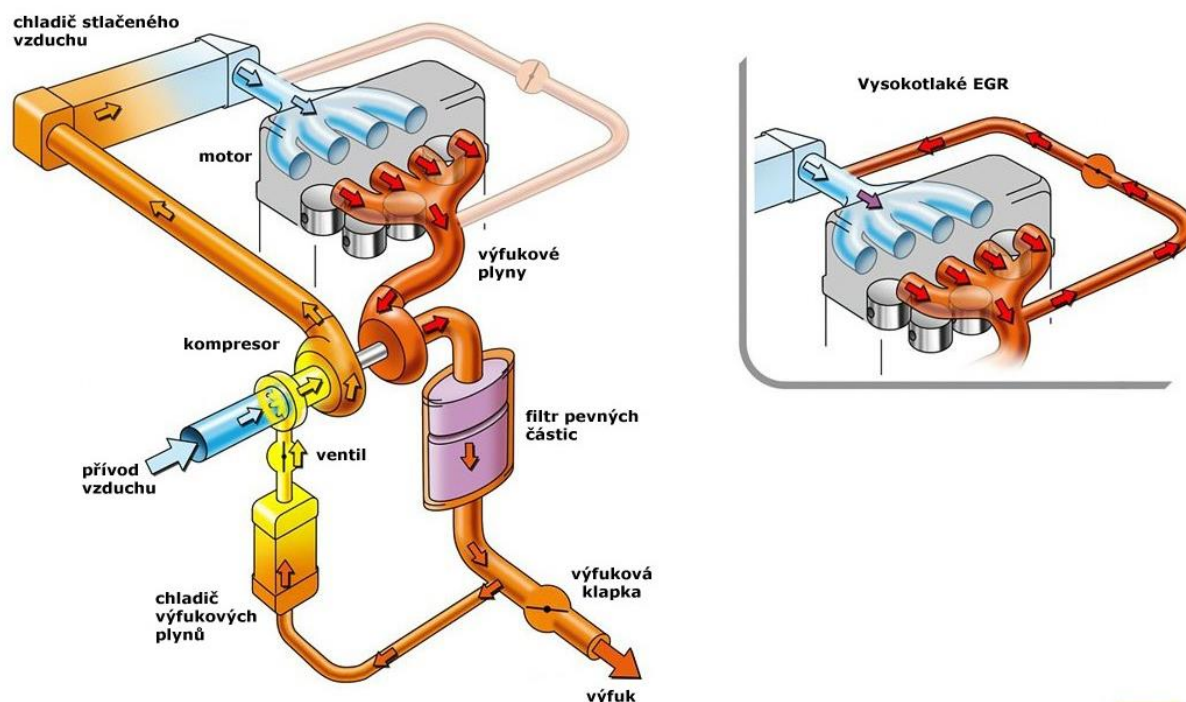
#### PŘEDSTIH U ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

Nastavováním předstihu zapalování se mění termická účinnost, měrná spotřeba, teplota spalování a teplota výfukových plynů. Všechny tyto aspekty vedou ke změnám složení výfuku – např. zmenšením úhlu předstihu dojde k poklesu tvorby NO<sub>x</sub> a HC z důvodu zmenšení teploty spalování i měrné spotřeby a poklesu termické účinnosti. [22]

#### RECIRKULACE VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

V dnešní době již často používaným prvkem pro ovlivnění emisí je recirkulace výfukových plynů. Existuje vnitřní i vnější recirkulace. V principu jde o celkem jednoduché, ale účinné řešení, protože hlavní myšlenka je ve vrácení části výfukových plynů zpět do sání, které při malém obsahu kyslíku nezasahují do procesu spalování, ale přejímají část vzniklého tepla a tím opět snižují teplotu při spalování podobně jako změna předstihu. Vnitřní recirkulace si vystačí jen s ponecháním části výfukových plynů ve válci, oproti tomu k vnější recirkulaci

je třeba EGR ventil, který vnějším okruhem přesměruje onu část výfuku zpět do sání. Ruku v ruce s použitím recirkulace výfukových plynů jde navýšení podílu sazí z ne tak dobře spáleného paliva, proto se stále častěji sahá současně s recirkulací po dodatečné úpravě výfukových plynů filtrem pevných částic. [22]



Obr. 12 – Nízkotlaká a vysokotlaká recirkulace výfukových plynů [23]

### VOLBA KOMPRESNÍHO POMĚRU

Změna kompresního poměru se projevuje kladně na výkonu motoru a tepelné účinnosti, ale svým snížením přímo snižuje teplotu spalování, tedy opět emise  $\text{NO}_x$ . [22]

### DALŠÍ

Například eliminací zhášecích zón ve válci (stěny, hrany, štěrby) selepší vypouštění množství uhlovodíků, protože dojde ke zvýšení teploty spalovacích prostor. [22]

## 3.2 PASIVNÍ – PO SPALOVÁNÍ

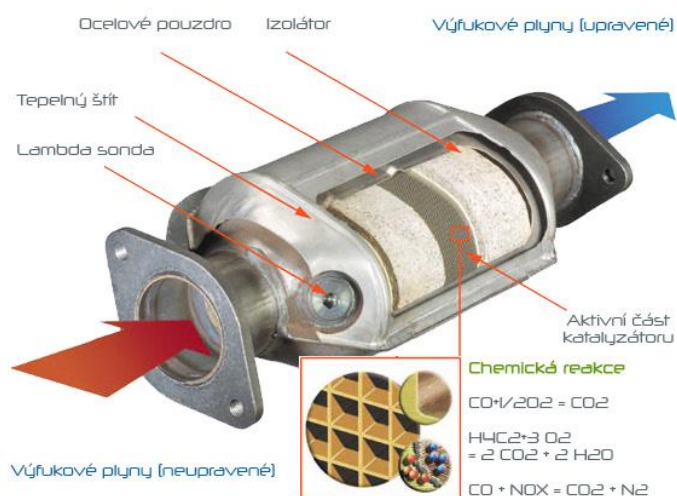
Když už škodlivé látky vzniknou, je žádoucí se jich zbavit dodatečně, k čemuž slouží různé katalyzátory a filtry.

### 3.2.1 KATALYZÁTORY

Katalyzátor je látka, která vykonává požadovanou chemickou reakci, ale sama se nespotřebovává. Požadavkem je, aby katalyzátor přeměnil nechtěné prvky a sloučeniny na takové, které jsou akceptovatelné pro další provoz, úpravy a hlavně životní prostředí a lidské zdraví. V katalyzátorech tedy dochází k redukci nebo k oxidaci –  $\text{NO}_x$  se redukuje na  $\text{N}_2$  a  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  oxiduje na  $\text{CO}_2$  a nespálené uhlovodíky  $\text{HC}$  oxidují na  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{CO}_2$ . Pro redukci je potřeba dostatek nespálených uhlovodíků a oxidu uhelnatého (bohatá směs) a pro oxidaci dostatek kyslíku (chudá směs). Katalyzátor není žádným filtrem, takže jen upravuje plyny procházející skrze něj a funguje jen po svém zahřátí na provozní teplotu ( $250 - 800^\circ\text{C}$ ). [24]

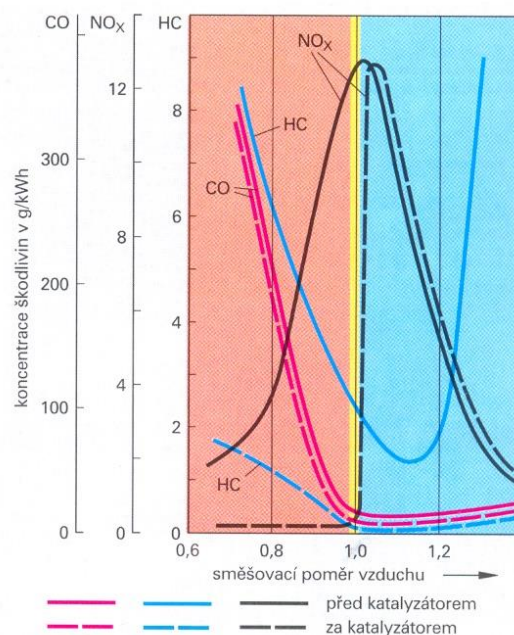
### TŘÍCESTNÝ

Už název třícestného katalyzátoru napovídá, že pracuje ve třech stupních. Je účinný v likvidaci  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$  i  $\text{NO}_x$ . Nedílnou součástí třícestného katalyzátoru je sonda Lambda, která ve zpětnovazební smyčce (umístěna před katalyzátorem) dbá o zachovávání směsi co nejblíže k stechiometrické hodnotě, tedy  $\lambda = 1$ . Lambda sonda vyhodnocuje množství kyslíku ve výfukových plynech a dle těchto hodnot nastavuje řídicí jednotka množství paliva dodávaného do motoru. [24]



Obr. 13 – Řez třícestným katalyzátorem [25]





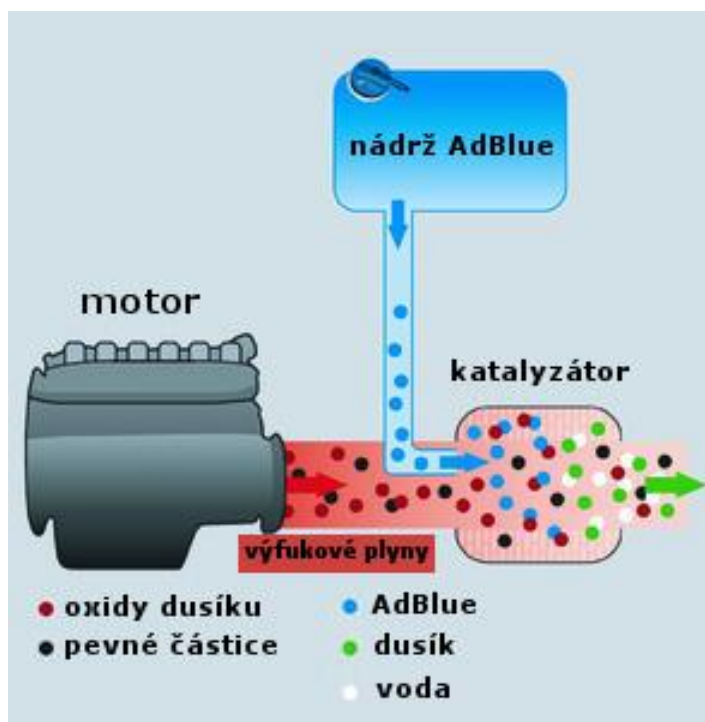
Obr. 14 – Redukce škodlivin třicestným katalyzátorem [26]

## OXIDAČNÍ

U vznětových motorů je větší podíl nežádoucích produktů nedokonalého spalování, proto přichází ke slovu oxidační katalyzátor, jenž zajistí jejich chemickou reakci s kyslíkem, a tedy jejich oxidaci. Tento katalyzátor na svých nosičích, o co největší kontaktní ploše, obsahuje vrstvy kovů platiny a paladia. [24]

## SCR

Katalyzátory mohou dle potřeby pomáhat také k redukci výfukových plynů, jsou jimi tzv. SCR katalyzátory, tedy katalyzátory pro selektivní katalytickou redukci (anglicky Selective Catalytic Reduction). Podstatou této technologie je použití aditiva v podobě vodného roztoku močoviny s názvem AdBlue. Toto aditivum je vstříkováno přímo před SCR katalyzátor, kde probíhá samotná redukce. Nevýhodou je, že katalyzátor bez aditiva nepracuje a je jej nutno pravidelně (podle typu vozu cca 15 000 km) doplňovat. Samotné aditivum může při úniku způsobit nepříjemný zápach, protože je dosti agresivní i např. při potřísnění karoserie vozu. [27]



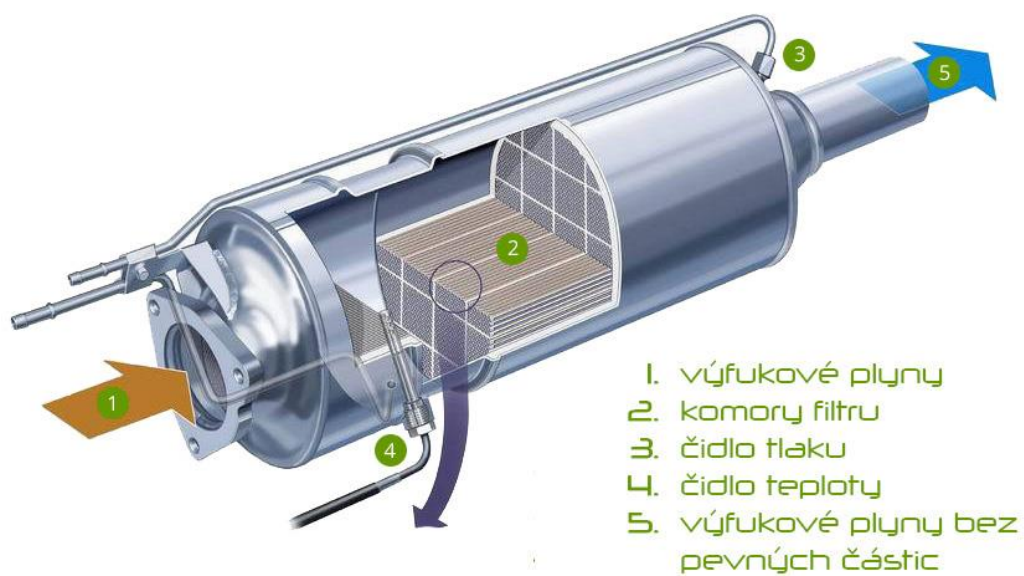
Obr. 15 – Schéma SCR [28]

### 3.2.2 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC

Filtr pevných částic byl donedávna výsadou především vznětových motorů, ale z důvodu zpřísnujících se norem dochází k postupnému nasazování také v zážehových vozidlech.

Tento filtr zachycuje pevné částice vytvořené při spalování paliva. Zmíněné částice jsou o rozměrech přibližně 50 nm, na nichž se zachycují uhlovodíky a další látky ze zbytků olejů a paliva, takže se částice zvětší. Pro člověka jsou částice těchto velikostí nebezpečné, proto se zachycují v DPF (Diesel Particulate Filter). Zajímavostí jsou hodnoty vypuštěných pevných částic při srovnání vozu s DPF a bez. Po 80 000 km totiž vozidlo bez DPF vypustí průměrně přibližně 3 kg karcinogenních částic, kdežto vozidlo s DPF jich vypustí jen něco kolem 100 g. [29]

Filtr se průběžně zanáší, proto je nutné zajistit pravidelnou regeneraci, při které dojde k nucenému spálení za teplot vyšších než 550 °C. Této teploty je dosaženo dodatečným vstřikováním malého množství paliva, které svým hořením zvýší teplotu výfukových plynů o potřebných cca 200 °C. Při vypalování DPF však vznikly další nespálené uhlovodíky, které se usadí v oxidačním katalyzátoru a odtud jsou vypáleny v druhé etapě – zvýšení o dalších 100 °C. [29]



Obr. 16 – Řez filtrem pevných částic [30]

## 4 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA SOUDOBÉ AUTOMOBILY

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, v této době jsou v platnosti již poměrně přísné normy a předpisy. Aktuálně v platnost bude nastupovat také měření v reálném provozu a toto téma emisí se okrajově týká také měření při STK. Bez úspěšného splnění homologačních testů nesmí být vozidlo prodáváno na určitých trzích, ke kterým se vztahuje onen homologační test.

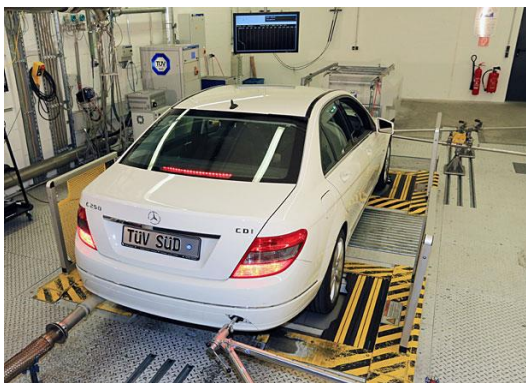
### 4.1 JÍZDNÍ CYKLY

Pro zajištění objektivního hodnocení testovaných vozidel pro homologaci bylo zvoleno jízdních cyklů. Jízdní cyklus je souhrn podmínek, které musí vozidlo splnit při měření. Jedná se především o podmínky zrychlení, dosažené maximální rychlosti, časového trvání zkoušky atp. a při jízdním cyklu se měří množství vypouštěných škodlivin, které se musí pohybovat v předepsaných limitech. Dosud se využívá převážně laboratorních měření, které však mají své výhody i nevýhody, proto ke slovu přicházejí měření ze skutečného provozu.

#### 4.1.1 LABORATORNÍ PODMÍNKY

Měření probíhá ve speciálních zkušebnách, dalo by se říci v laboratořích, které jsou vybaveny klimatizačními jednotkami pro zajištění přesných klimatických podmínek, válcovou stolicí, ventilátory a hlavně přístroji pro měření složení výfukových plynů. Právě laboratorní měření je nejspravedlivější (avšak ne nejdokonalejší) možností jak zajistit, aby všechny testované automobily měly stejné podmínky.

Celý proces měření je přesně popsán krok po kroku, tedy od zahřátí motoru přes změny různých jízdních režimů (město, mimo město) až po simulaci dálniční jízdy s maximální rychlostí po určitou dobu. Mimo jiné zahrnuje také požadavky na hodnoty vlhkosti vzduchu, teploty, na zapnuté světlomety, kvalitu pohonných hmot, pneumatiky atp. [31]



*Obr. 17 – Laboratorní měření [32]*

#### 4.1.2 SKUTEČNÝ PROVOZ

Toto měření probíhá v reálném provozu, kdy je na testované vozidlo namontováno měřicí zařízení PEMS (Portable Emission Measuring Systems), které kromě složení výfukových plynů zaznamenává také například údaje z GPS. Nezbytné je též napojení měřicí jednotky k elektronice vozu pro lepší sledování průběhu jízdy. I zde existují požadavky, které by měly být za jízdy splněny, jen může docházet k rozdílným výsledkům při různých povětrnostních vlivech, nenadálých situacích v dopravě a také ve značné míře závisí na umu testovacího řidiče. [33]



*Obr. 18 – Měření emisí v provozu [34]*

#### 4.1.3 ROZDÍL LABORATORNÍCH A SKUTEČNÝCH MĚŘENÍ

Rozdíly mezi laboratorním a skutečným měřením mohou být opravdu velké. Kromě klimatických podmínek se na rozdílu podepisuje samotná podstata obou měření – laboratorní měření je přesně definováno a reálná jízda zahrnuje proměnlivost, která plně odpovídá požadavkům provozu, ale v laboratoři nelze tyto potřeby rozumně interpretovat tak, aby opět nevytvořily pouhé mantinely, mezi které automobilky snadno nasměrují své snažení.

### 4.2 SPOTŘEBA ► EMISE

Za poměrně velký problém by se dalo považovat mylné udávání spotřeby v katalogích vozidel, které letným pohledem nemusí s aktuálně probíranou tematikou souviset. Opak je však



pravdou. Spotřeba vozidel jde totiž ruku v ruce s emisemi, které dané vozidlo vypouští do ovzduší. Když je udávaná průměrná spotřeba klamavá, stejně klamavé jsou i hodnoty vypouštěných emisí.

Argumentem pro rozdílnost pravdivosti udávané spotřeby a vypouštěných emisí by mohlo být snižování emisí po spalování, ale ve výsledku je scénář stejný jako u samotných emisí. I zde se totiž projevuje zdatnost automobilek plnit přesně definované podmínky, aby v laboratoři motor vypouštěl co nejnižší emise, tedy zároveň měl co možná nejnižší spotřebu, ke které je obtížné se v reálu alespoň přiblížit. Samotná spotřeba není ve výsledku příliš ovlivněna snižováním emisí po spalování, množství vypouštěných emisí je tedy přímo úměrné množství spálených pohonných hmot.

### 4.3 MĚŘENÍ NA SME

Měření emisí na SME probíhá úplně jinou formou než homologační měření. Pro svůj účel opakované kontroly již provozovaných vozidel a umožnění jejich dalšímu provozu lze toto měření považovat za pouhé kontrolní měření, které však má své opodstatnění a je důležité, dokonce nezbytné.

Na SME není vozidlo na válcové stolici a celé měření je kromě kratšího času konáno bez zařazeného převodového stupně. Tedy motor není nijak dodatečně namáhán a pouze dojde k několikanásobnému vytočení k přeběhovým otáčkám a kontrole chyb z řídicí jednotky. Kontroluje se vizuální stav pohonného ústrojí a společně s tím i vypouštěné emise CO, HC a množství pevných částic.

Po úspěšném měření je vystaven protokol a donedávna byla ještě nalepena kontrolní etiketa na SPZ, dnes se etiketa nalepí na protokol a vozidlo smí pokračovat k následné kontrole technické způsobilosti. [35]



*Obr. 19 – Měření emisí na SME [36]*

## 5 METODIKA MĚŘENÍ ŠKODLIVIN VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH PROSTŘEDNICTVÍM NEDC

Metodiku měření emisí osobních vozidel zaštiťuje Směrnice rady Evropské unie ze dne 20. března 1970 s označením 70/220/EHS, která od svého vzniku prošla již mnohými změnami a byla doplněna nařízeními Evropského parlamentu a rady např. pod označením 715/2007, které vždy přesněji specifikují požadavky daných emisních tříd vozidel pro plnění maximálních povolených limitů emisí.

Hlavní hnací silou pro zavedení měřicího cyklu je požadavek na reprodukovatelnost měření, kdy na různých zkušebnách je třeba docílit, při opakovaném měření, jen co nejméně odlišných výsledků.

Povinná homologační zkouška se provádí ve specializovaných zkušebnách, kde je automobil umístěn na válcovou brzdu s dynamometrem. Brzda simuluje jízdní odpory vozidla a zohledňuje se při jejím nastavování hmotnost automobilu a odpor vzduchu. Během zkoušky je část výfukových zplodin zachycena do vaku a po skončení jízdního testu je tento vzorek vyšetřen na přítomnost jednotlivých složek emisí a je určeno jejich množství. Toto množství se přepočítá díky známé délce ujeté dráhy na množství emisí na jeden kilometr. Pro přesné měření je třeba však udělat také rozbor okolního vzduchu, který byl při jízdním testu použit pro nařazení výfukových emisí.

Předepsaný jízdní cyklus se skládá z patnácti fází jako jsou volnoběh, zrychlení, stálá rychlost, zpomalení a tak podobně. Tyto fáze jsou kombinací předpokládaného využití vozidla, které jej čeká při běžném provozu.

Při měření na dynamometru se provádí také několik výpočtů pro přesné stanovení obsahu škodlivin ve výfukových plynech. [37]

Pro analýzu koncentrací jednotlivých škodlivin jsou přesně definované vzorce, ty základní jsou zmíněny níže.

**Měrná hmotnost škodliviny** [38]

$V_{mix}$  – objem odebraných výfukových plynů korigovaný na standartní atmosférické podmínky

$\rho$  – hustota vypočítávané škodliviny

$k_h$  – korekční faktor vlhkosti

$d$  – ujetá vzdálenost

$$M = \frac{V_{mix} \cdot \rho \cdot k_h \cdot C^* \cdot 10^{-6}}{d} \quad [g/kg] \quad (1)$$

**Faktor ředění výfukových plynů (benzín)** [38]

$C_{CO_2}$  – koncentrace oxidu uhličitého

$C_{HC}$  – koncentrace uhlovodíků

$C_{CO}$  – koncentrace oxidu uhelnatého

$$DF = \frac{13,4}{C_{CO_2} + C_{HC} + C_{CO}} \quad (2)$$

**Korigovaná koncentrace škodliviny v odebraném plynu vyjádřená v ppm (částic na milion)** [38]

$C_P$  – koncentrace škodliviny ve výfukovém plynu

$C_V$  – koncentrace škodliviny v ředícím vzduchu

$$C^* = C_P - C_V \left(1 - \frac{1}{DF}\right) \quad [\%] \quad (3)$$

**Měrná hmotnost škodliviny pro pevné částice** [38]

$V_{ex}$  – objem výfukových plynů procházejících skrze částicové filtry

$m_e$  – hmotnost částic zachycených na filtru

$$M = \frac{V_{mix} + V_{ex} \cdot m_e}{V_{ex} \cdot d} \quad [g/km] \quad (4)$$



## 5.1 ROZDĚLENÍ

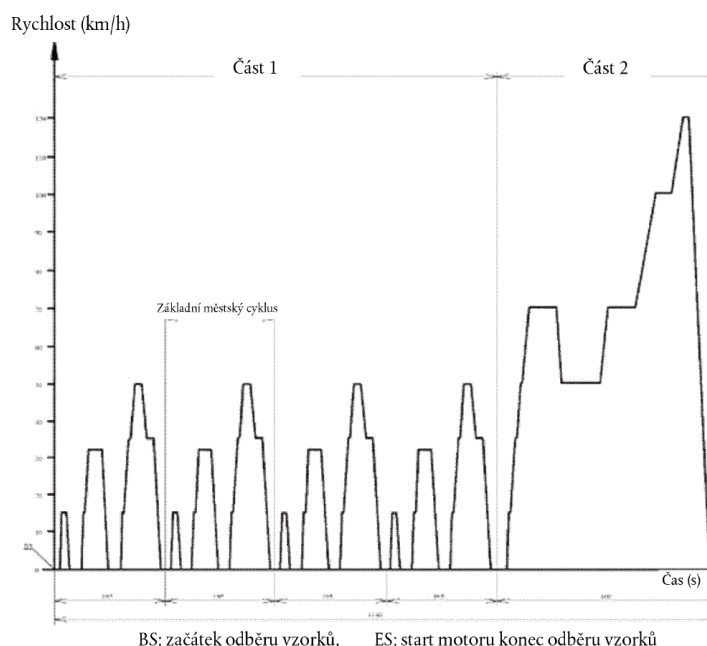
Dle předpisu EHK 83 jsou pro osobní automobily určeny zkoušky číslované I – VII. Pro zážehové motory platí všech sedm zkoušek, kdežto pro vznětové motory se provádí jen 1., 5. a 7. Zkoušky jsou koncipovány tak, aby pokryly všechny možné příčiny vzniku emisí a zabránily jejich vzniku. [40]

### 5.1.1 ZKOUŠKA I

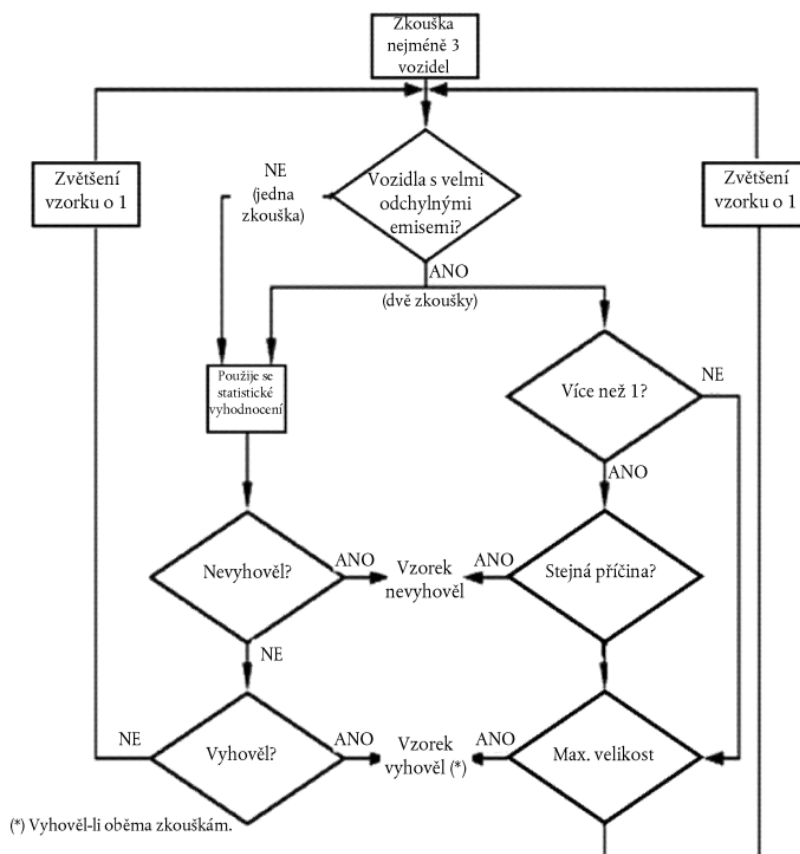
Zkouška I je již zmíněným jízdním cyklem, který se zaměřuje na měření průměrných emisí ihned po nastartování studeného motoru automobilu umístěného na dynamometru, který vykoná předepsaný jízdní test. Tento test se skládá ze dvou částí – 4x městský cyklus a 1x mimoměstský cyklus. (viz Obr. 20)

Podmínkou pro podstoupení této zkoušky je dobrý technický stav a mírně zjetý motor (min. 3000 km). Také se provádí tzv. stabilizace vozidla – 36 až 6 hodin před samotným testem projetím jednoho městského a dvou mimoměstských u zážehových, respektive tří mimoměstských cyklů u vznětových vozidel. [40]

Pokud vozidlo hned v prvním měření neuspěje, stále existuje způsob, jak díky dalším opakovaným měřením může splnit požadavky a může být schváleno k provozu na pozemních komunikacích. Provede se více měření a poté se výsledky porovnávají a zkoušky opakují. (viz Obr. 21) [40]



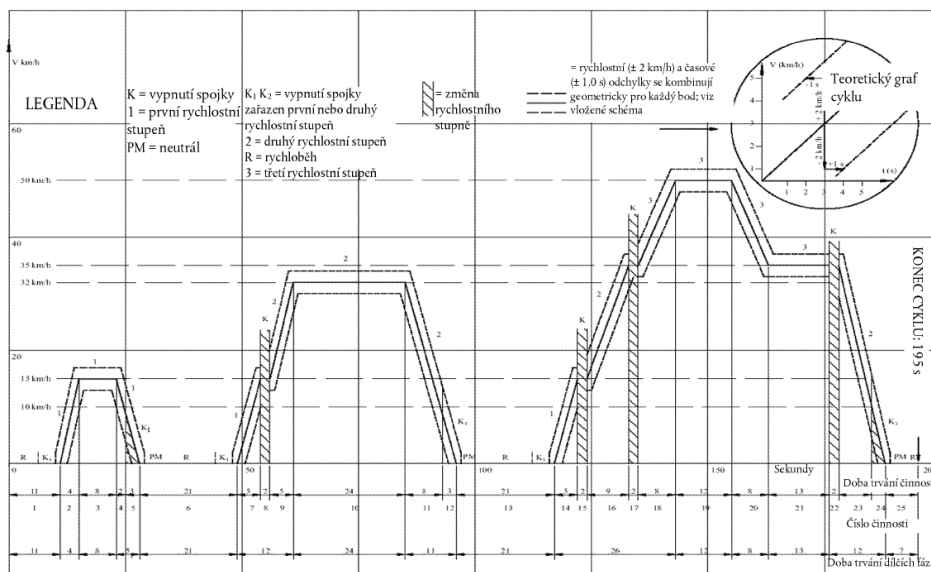
Obr. 20 – Evropský jízdní cyklus – Zkouška I [40]



Obr. 21 – Zkoušení shodnosti v provozu – výběr a zkoušky vozidel [40]

## MĚSTSKÝ CYKLUS

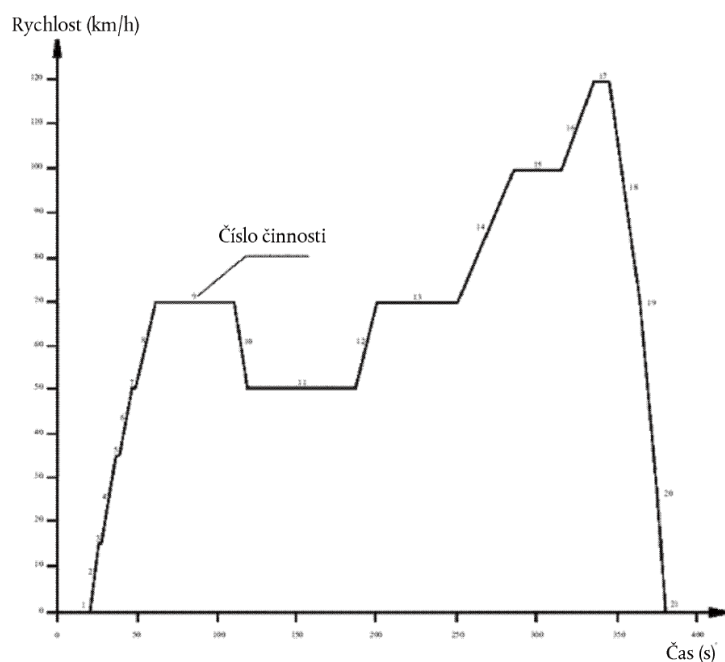
První část jízdního cyklu se skládá ze čtyř městských cyklů, kdy jeden městský cyklus zahrnuje tři jednotlivé fáze, ve kterých se dosahuje různých rychlostí při různých převodových stupních. Z Obr. 22 lze přehledně vyčíst jednotlivé rychlosti, časové prodlevy a další důležitá specifika tohoto testu. Tříkrát dochází k rozjezdu z klidu po přibližně 21 vteřinovém stání a dosahuje se rychlosti až 50 km/h a to vše za využití 1. až 3. převodového stupně. V homologačním testu se tedy tento městský cyklus opakuje třikrát hned po sobě a vzápětí následuje mimoměstský cyklus. [40]



Obr. 22 – Městský cyklus [38]

## MIMOMĚSTSKÝ CYKLUS

V mimoměstském cyklu se projevují požadavky na simulaci jízdy po okresních silnicích a dálnicích spolu s jízdou ustálenou rychlostí. Tento cyklus trvá celkem 400 vteřin a v hlavní části se rychlost pohybuje mezi 50 a 120 km/h, přičemž je využíván převážně 4. až n-tého převodového stupně dle typu převodovky. [40]



Obr. 23 – Mimoměstský cyklus [38]

### 5.1.2 ZKOUŠKA II

Ve druhé zkoušce se u zážehových vozidel měří obsah oxidu uhelnatého při volnoběhu motoru od vychladnutého motoru až po zahřátí chladiva i maziva na konstantní teploty. Naměřené obsahy oxidů uhlíku se přepočítávají na korigovanou koncentraci CO, ale není třeba je přepočítávat, pokud v součtu jsou nižší než 15 % pro benzin, 13,5 % pro LPG a 11,5 % pro CNG. [40]

$$C_{CO_{corr}} = C_{CO} \frac{15}{C_{CO} + C_{CO_2}} \quad (obj. \%) \quad (5)$$

### 5.1.3 ZKOUŠKA III

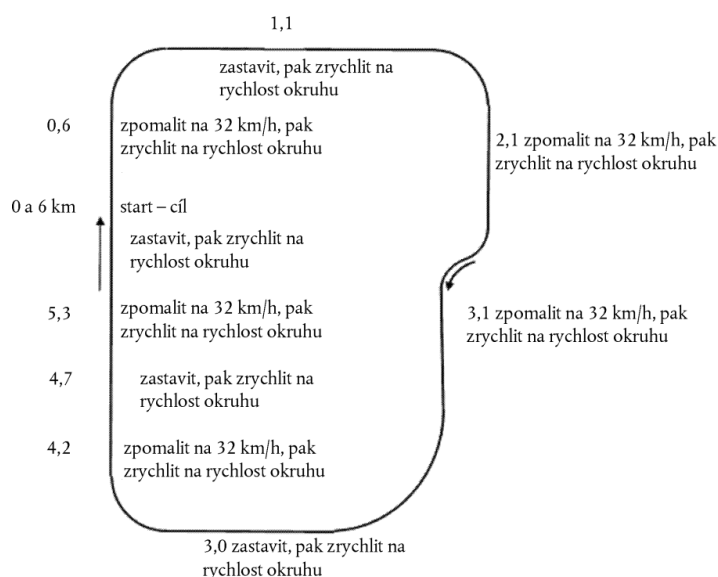
Třetí zkouška je zaměřena na ověření plynů v klikové skříni. Otvorem pro měrku oleje manometr změří tlak uvnitř klikové skříně a není povolena jiná hodnota než atmosférický tlak. Pokud při jednom ze tří opakování tohoto měření při volnoběhu, rychlosti 50 km/h a 51 km/h se zátěží dojde k odchylce od atmosférického tlaku, tak se k otvoru měrky oleje připojí záchytný vak, a pokud se tento vak po dobu pěti minut při dané zkoušce viditelně nenafoúkne, je vozidlo způsobilé a prošlo i touto zkouškou. [40]

### 5.1.4 ZKOUŠKA IV

Zkouška IV je koncipována k měření vypařovaných uhlovodíků z odstaveného vozidla vlivem denního kolísání teplot. Odpařování se měří po přípravném ujetí městského nebo mimoměstského cyklu při odstavení za tepla a následně i 24hodinovým měřením. [40]

### 5.1.5 ZKOUŠKA V

Zkouška stárnutí je 5. zkouška v pořadí. Systémy proti znečišťování emisí musí dle požadavku vydržet alespoň 160 000 km ujetých na zkušební dráze, silnici nebo dynamometru dle předepsaného jízdního cyklu. Během tohoto cyklu se opět několikrát střídá zastavování, rozjíždění, akcelerování i brždění. Emise se měří v určitých intervalech po celou dobu zkoušky a množství se měří stejným způsobem jako u zkoušky I. Celý myšlený okruh jízdní zkoušky je na Obr. 24 a jsou na něm znázorněny kromě vzdáleností i jednotlivé úkony, které se v daný okamžik dějí. [40]



Obr. 24 – Jízdní program zkoušky životnosti [40]

### 5.1.6 ZKOUŠKA VI

Simulace startu za nízké teploty a produkce škodlivin z opravdu studeného motoru je zahrnuta ve zkoušce VI. Vozidlo je podchlazeno na  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zkouška trvá 13 minut a odebírá se vzorek výfukových plynů pro analýzu obsahu uhlovodíků a oxidů uhlíku. [40]

### 5.1.7 ZKOUŠKA VII

Sedmá zkouška je zaměřena na napojení na palubní systém OBD. Vyvolá se chybová funkce při měření emisí a sleduje se, zda je chyba správně zaznamenána a vyhodnocena řídicí jednotkou vozu. Pro vznětová i zážehová vozidla platí nejprve stabilizace a následně se simulují různé závady, které způsobují zvýšení emisí mimo povolené limitní hodnoty. [40]

## 5.2 PŘÍKLAD

Pro příklad lze uvést vozidlo střední třídy se zážehovým motorem s automatickou převodovkou.

### 5.2.1 ZKOUŠKA I – PŘÍKLAD

Každé vozidlo opatřené značkou schválení musí splňovat stejné požadavky jako homologovaný kus, proto schvalovací orgán vybírá ze série tři kusy, na kterých nesmí výrobce po jejich vybrání

provádět žádné úpravy. Poté se přistupuje k samotným zkouškám, jak bylo popsáno výše. Tedy nastavit dynamometr dle hmotnosti testovaného vozidla – tedy dle referenční hmotnosti vozidla přibližně 1320 kg je ekvivalentní setrvačná hmotnost vozidla pro dynamometr rovna 1360 kg. Vozidla se ujme proškolený a zkušený technik a vykoná nejprve stabilizaci před samotnou zkouškou projetím jednoho městského a dvou mimoměstských cyklů. Poté projede tři městské a jeden mimoměstský cyklus už v rámci měřené zkoušky typu I dle předepsaných kritérií v akceptovatelných mezích. Během mimoměstského cyklu může technik použít kromě pátého také šestý a případně i vyšší převodový stupeň dle doporučení výrobce.

### 5.2.2 ZKOUŠKA II – PŘÍKLAD

U druhé zkoušky musí být převodovka v režimu P nebo N a motor běží na volnoběh. Měří se vypuštěné škodliviny od studeného motoru až po zahřátí motoru a všech kapalin.

### 5.2.3 ZKOUŠKA III – PŘÍKLAD

Na otvor olejové měřky se přiloží manometr a probíhají tři podmínky provozu – volnoběh, jízda 50 km/h v režimu D a jízda 51 km/h s dynamometrem přenastaveným o faktor 1,7, tedy 2312 kg.

Manometr při zvýšené zátěži zaznamenal drobný nárůst tlaku nad hodnotu atmosférického, ale pětilitrový vak se během pěti minut při žádném z těchto jízdních režimů viditelně nenafokl, vozidlo tedy splnilo požadavky a díky tomu prošlo i třetí zkouškou.

### 5.2.4 ZKOUŠKA IV – PŘÍKLAD

Vozidlu bylo po přistavení do zkušebny odčerpáno veškeré palivo z nádrže. Naplní se zpět do 40 % objemu zkušebním palivem o teplotě 10 - 14 °C. Během hodiny je vozidlo přemístěno do měřicí komory a s teplotním čidlem v nádrži se začíná benzin ohřívat. Po dosažení 19 °C se komora utěsní a začne probíhat měření uhlovodíků v komoře. Po dosažení teploty 20 °C je teplota lineárně zvyšována až na 35 °C, kdy se otevře hrdlo nádrže, přestane ohřev a otevře se kabina. Komora se naplní směsí butanu a dusíku a nádrž se znovu vypustí a napustí palivem s teplotou 18 °C.

Před dalším měření za jízdy proběhne stabilizace bez odběru vzorku, následuje odstavení na 12 – 36 hodin. Po odstavení se provede zkouška I.

Při zahřátém motoru se vozidlo odstaví na hodinu do komory pro další měření, po kterém následuje další odstavení na 6 – 36 hodin.

Poslední je 24hodinová zkouška, při které se vozidlo s otevřenými okny a zavazadlovým prostorem odstaví do měřicí komory na dobu 24 hodin.

#### **5.2.5 ZKOUŠKA V – PŘÍKLAD**

Automobil na dynamometru ujede 160 000 km v 11 cyklech s rychlostmi okruhů od 48 do 113 km/h. Emise se měří podobně jako ve zkoušce I po intervalech max. 10 000 km.

#### **5.2.6 ZKOUŠKA VI – PŘÍKLAD**

Vozidlo absolvuje stabilizaci neměřenou zkouškou I a po sléze je na maximálně 36 hodin odstaveno do chladicí místnosti s teplotou  $-7^{\circ}\text{C}$ . Odběr emisí začíná při zkoušce VI přímo při, nebo těsně před startem motoru za stále udržované teploty  $-7^{\circ}\text{C}$  a končí po poslední fázi dílčího městského cyklu.

#### **5.2.7 ZKOUŠKA VII - PŘÍKLAD**

Po stabilizaci se přistupuje ke zkoušce I, během které je z činnosti vyřazen katalyzátor, bylo simulováno selhání zapalování, poškození lambda sondy, odpojení řídicího systému a při všech těchto simulacích, které zapříčiňují zvýšení emisí je kontrolováno správné zaznamenání těchto chyb a závad v řídicí jednotce automobilu a upozornění na ně.

Automobil se vznětovým motorem by absolvoval pouze 1., 5. a 7. zkoušku, a i v jejich rámci by se některé specifika mohly lišit.

## 6 NEDC JAKO ETALON MĚŘENÍ

Evropský jízdní cyklus byl a je potřebný pro stanovení předpisů, které musí automobilky splnit pro homologování vozidla a je logické, že něco takového muselo vzniknout. Vždy je potřeba etalonu, od kterého je možné se odrazit, přibližovat se mu a dodržovat jej – brát jej jako něco pevně daného a nepřekonatelného. Zároveň je evropský jízdní cyklus specifikován poměrně jednoznačně a přesně, takže by se mohlo zdát, že v rámci stanovených mantinelů není mnoho cest, jak vyzrát na test a posouvat se jednoúčelně k lepším výsledkům.

### 6.1 CESTY PRO PLNĚNÍ EMISNÍCH LIMITŮ

Jízdní cyklus si vyžádal některé ústupky, které ve spojení s prostředky pro snižování emisí napomáhají nižšímu množství škodlivin produkovaných při zkouškách homologačního testu, avšak některé jsou ryze jednoúčelné. [39]

#### 6.1.1 CHARAKTERISTIKA MOTORŮ V RŮZNÝCH OBLASTECH ZATÍŽENÍ

I na grafu závislosti množství škodlivin na obsahu vzduchu ve směsi si lze povšimnout, že obsahy se hodně mění. V závislosti na průběhu křivek oxidů dusíku se konstruuje a nastavují technologie ovlivňující složení výfukových plynů vycházejících do ovzduší. Například funkční oblast SCR katalyzátoru nezahrnuje celé pole výkonové křivky motoru, ale je soustředěné poblíž oblasti, ve kterých se bude motor nacházet při homologačním měření emisí. Řešení by určitě existovalo a nasnadě je prosté zvětšení oblastí funkce SCR, jen by spotřeba AdBlue byla opravdu neúměrně velká (násobky dnešních spotřeb) a celé zařízení by muselo být jinak dimenzované, tedy mnohem dražší jak na provoz, tak na výrobu. Toto téma se také ve značné míře překrývá s tématem downsizingu.

#### 6.1.2 START – STOP SYSTÉM

Hodně rozšířeným trikem pro snížení naměřených emisí je použití systému start-stop, který odstaví motor z provozu po dobu stání na křižovatce, železničním přejezdu atp., tedy ve zkoušce I ve všech deseti případech stání vozidla v klidu, kdy původně bylo počítáno, že motor poběží na volnoběh. V součtu ve zkoušce I stojí vozidlo v klidu přibližně 180 vteřin, kdy po celou dobu je motor vypnutý a neprodukuje žádné emise. Toto řešení vypadá lákavě, jen je dobré myslet na následky v běžném provozu – je prokázáno, že systémy start-stop neprospívají pohonnému ústrojí, které snad v ani jednom případě nebylo konstruováno na časté



starty, tedy dochází k rychlejšímu opotřebení a snadněji může docházet k dřívějšímu zhoršení vypouštěných emisí. V reálném provozu při opravdu krátkých zastávkách můžeme pochybovat o účinnosti tohoto řešení, protože při každém startu vzniknou zvýšené emise nedokonalým prvotním spálením směsi. V potaz musíme brát také zpomalené reakce systému například na semaforech při rozjezdu, neboť i když je motor v režimu připraveném na rychlejší start, vždy reakce systému v součtu více vozidel způsobí zdržení oproti řidičům připraveným s již nastartovaným motorem.

Z mého pohledu se v dopravní špičce může skrze křižovatku dostat o pár vozidel během jednoho průjezdu více, což se může opět kladně podepsat na celkovém množství vypuštěných emisí všech čekajících vozidel i těch bez systému start-stop. Tímto jsem se dostal ke skutečnosti, že mnoho řidičů systém start-stop vypíná hned po prvním nastartování, případně trvale v servisním nastavení vozu, a tedy je tento systém využit jen při homologačním testu a v následném provozu zdaleka ne ve všech vozech tímto systémem vybavených.

### 6.1.3 DVA OKRUHY CHLAZENÍ

Kladně bych ohodnotil systémy jako dvojitý okruh chlazení motoru, kdy při studeném motoru proudí chladicí kapalina jen v těsné blízkosti motoru a až po jeho rychlejším zahřátí se otvírá větší okruh pro topení atp. Motor se díky menšímu objemu chladicí kapaliny rychleji ohřeje na provozní teplotu, proto budou mnohem dříve fungovat systémy pro regulaci emisí, než kdyby se měl motor v průběhu ohřívání chladit velkým množstvím proudícího chladicího média.

### 6.1.4 DOWNSIZING

Snižování objemu motorů je módou posledních let. Někteří přistupují k problematice snížení vnitřních odporů motoru zmenšením jeho objemu a doplněním jedním či větším počtem turbodmychadel při zachování čtyřválcové architektury. Setkáváme se též s řešením snižováním počtu válců na dva nebo tři, taktéž s turbodmychadly, ale občas i při zachování atmosférického plnění. Výjimkou jsou motory s vypínáním válců za provozu. U těchto motorů je při potřebě vyššího výkonu využit celý potenciál všech válců, ale za ustálené rychlosti například po dálnici se část válců vypne.

Razantní snižování objemu způsobuje v reálu u těžších vozidlech, ve výsledku, vyšší spotřebu, než je dosahováno objemově většími motory. Navíc jsou menší motory více namáhané, tedy opět existuje riziko většího opotřebení. Nižší spotřeba a nízké emise jsou výsledným efektem hlavně při měření normovaným cyklem navzdory horšímu efektu v reálném provozu. Druhá myšlenka pro využití downsizingu je charakteristika zážehového motoru, který v oblasti

vysokého zatížení disponuje rozumnými a snadno eliminovatelnými emisemi. Také proto se downsizing v takové míře nedotkl vznětových motorů.

#### 6.1.5 HYBRIDY A ELEKTROMOBILY

Požadavky na nízké emise, a tedy i nízkou spotřebu během testů splňují vozy s jakýmkoliv nasazením tzv. hybridní techniky. Vozidlo, které dokáže alespoň nějakou vzdálenost ujet čistě na elektřinu bez použití spalovacího motoru, rázem získává výhodu oproti čistě spalovacím vozidlům. Proti tomuto řešení je třeba uvést, že ujetí třeba 5 km na elektřinu je téměř polovina jízdního testu NEDC, tedy emise jsou produkovány jen v druhé části testu, což zákonitě vytvoří výsledky s poloviční spotřebou (přibližně 3 l/100 km) a nízkými emisemi oproti konvenčním automobilům. Hybridní vozy se mohou zdát se svou nízkou spotřebou velmi ekologické, ovšem nízkou spotřebou disponují jen při homologačním testu a v rámci delších tras se podíl elektricky zdolané vzdálenosti o velikosti pár kilometrů smazává a spalovací motor rázem dosahuje shodných emisí jako konvenční automobil. U elektromobilů jsou dokonce prezentovány hodnoty s nulovými emisemi, neboť zákonitě elektromobil během provozu žádné emise nevytváří, ale tyto emise jsou schovány v pozadí (nezohledněné v NEDC), protože nejsou nikterak započítávány ekologické dopady při výrobě elektřiny k nabití akumulátorů ani emise při náročné výrobě samotných akumulátorů a jejich prozatím dokonale nevyřešené ekologické likvidaci.

#### 6.1.6 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ

Jedna z posledních často kritizovaných klíčků v rámci emisních testů jsou softwarové úpravy přímo od výrobců. Výrobci totiž do některých vozů nainstalovali software, který díky přesně určeným specifikům (konstantní zrychlování, nehybný volant, teploty, rychlosti a časy) „naučily“ své motory fungovat ve dvou režimech. První režim zahrnuje plně funkční systémy snižování emisí, díky kterým vozidla prošla homologačními testy bez jakýchkoliv výtek. Stačilo jen ponechat tyto systémy funkční po dobu něco málo přes dvacet minut a tím se splnily požadavky na zkoušku I. Když vozidlo nezaznamenává laboratorní podmínky, systémy snižování emisí nefungují a z výfuku vychází emise převyšující povolené hodnoty i o tisíce procent. Jiní výrobci zneužívají formulace o vypínání systému redukce škodlivin v případě rizika poškození motoru, takže opět po dobu nezbytně nutnou všechny systémy fungují a po uplynutí času se odpojí se záminkou rizika poškození systému, které bohužel v reálu vlastně opravdu hrozí vzhledem k poddimenzování těchto systémů k nepřetržitému provozu. [39]

## 6.2 NEDOSTATKY MĚŘENÍ POMOCÍ NEDC

Z celé problematiky lze vyčíst poměrně jasně, že slabinou NEDC je jeho stáří a úzké zaměření jízdního cyklu, protože NEDC a především zkouška I je navržena s ohledem na městskou a mimoměstskou jízdu, ovšem městský cyklus je v nezměněné podobě stejný již od roku 1970, kdy v platnost vešla Směrnice rady 70/220/EEC. Od té doby se změnila jak hustota provozu, tak povolené rychlosti ve městech i na dálnicích, proto dnes již jízdní cyklus dostatečně nereprezentuje potřeby motoristů vůči motorovým vozidlům. NEDC také objektivně nepočítá s hybridní technologií a nasazením plně elektrifikovaných vozidel. [39] [40]

Nezávislé organizace se již těsně po propuknutí kauzy Dieselgate zaměřily na měření emisí několika nejrozšířenějších vozidel prodávaných od roku 2012. Z testovaných 300 vozidel jich rovných 95 % překročilo povolené emise  $\text{NO}_x$ . Takový výsledek byl pro širokou veřejnost velkým překvapením, trochu zasvěcenější nepřekvapil a poukázal na to, že se tento problém netýká pouze jednoho výrobce, ale je jím protkán vlastně celý trh. Problémy s plněním předpisů se týkaly nejen vznětových vozidel, ale též zážehových. 38 testovaných vozidel dokonce nesplňovalo ani hodnoty připadající k normě EURO 1. Dalších 85 měřených vozidel nesplňovalo EURO 3, tedy můžeme říci, že 41 % testovaných vozidel nesplňuje normy, které vešly v platnost 16 let před samotným měřením. [41]

## 7 NOVÉ ZPŮSOBY VYHODNOCENÍ PRODUKCE ŠKODLIVIN

S vývojem technologií se přistupuje i k vývoji a zdokonalování technik pro vyhodnocování škodlivin ve výfukových plynech. Proto v této době vstupuje v platnost norma WLTP, tedy celosvětově nový způsob měření a vyhodnocování výfukových zplodin.

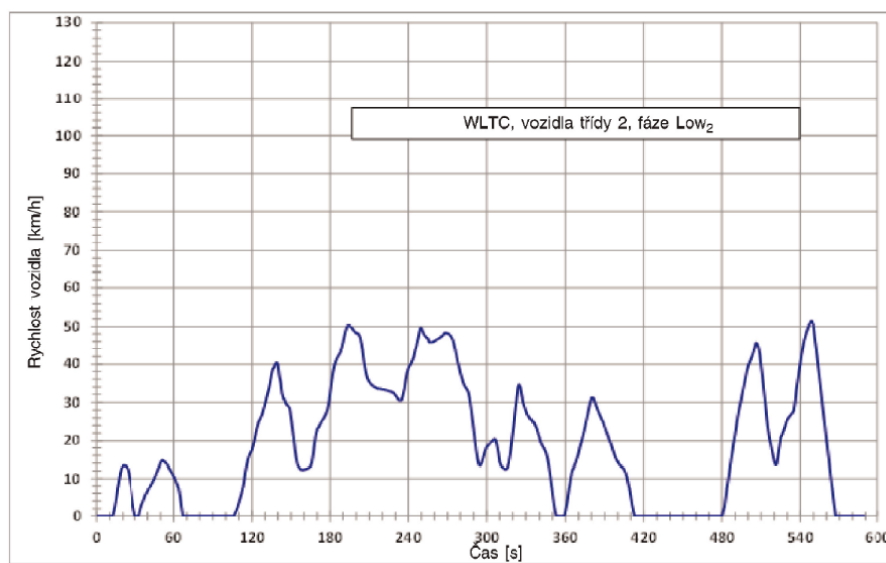
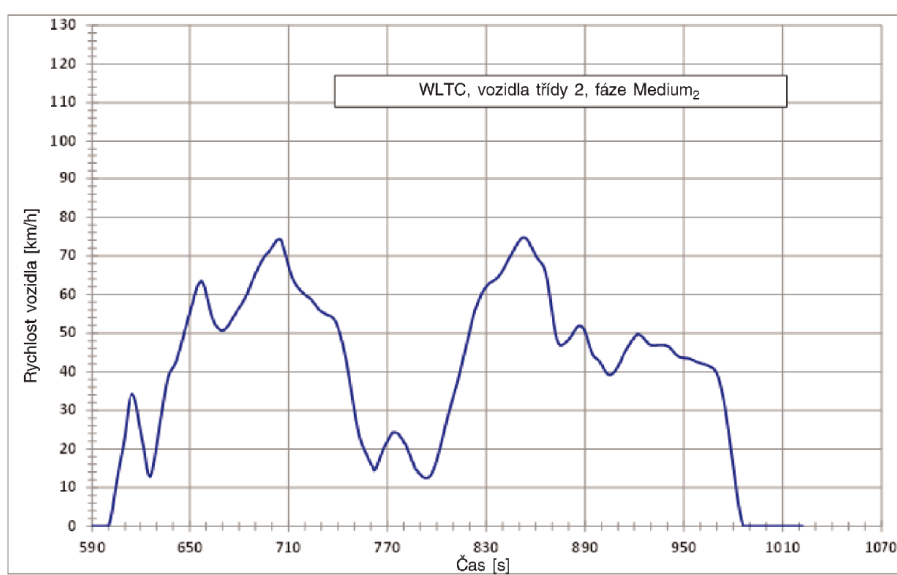
### 7.1 NEDC vs. WLTP A RDE

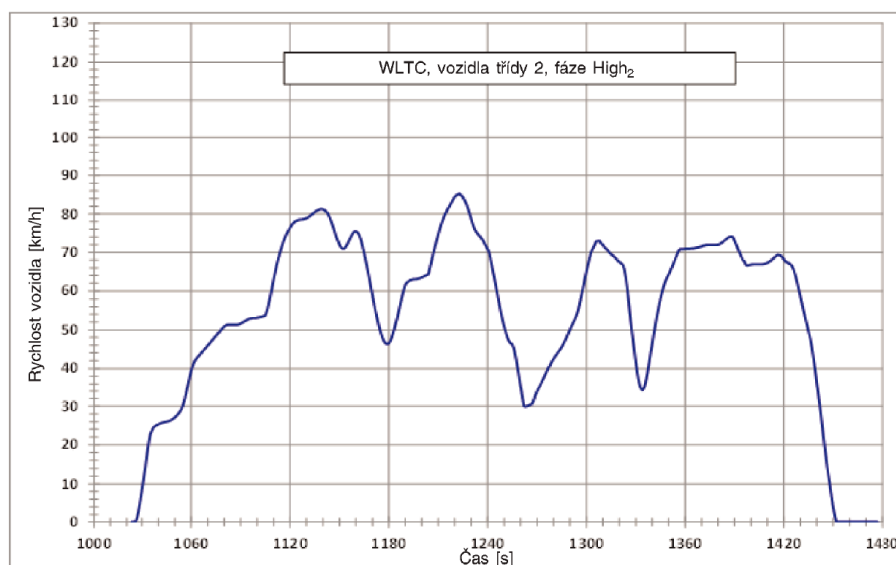
WLTP je v jistých ohledech srovnatelný s NEDC, avšak mnohem více koresponduje s dnešním využíváním automobilů. Oproti jednomu jízdnímu cyklu NEDC se WLTP skládá až ze čtyř cyklů zahrnujících větší procentuální podíl mimoměstského provozu. Čas testu se zvyšuje z 20 na 30 minut a celková ujetá vzdálenost při testu bude 23,25 km oproti stávajícím 11 kilometrům. Rychlosti se též zvyšují – průměrná z 34 km/h na 46,5 km/h a maximální rychlost činí 131 km/h místo 120 km/h.

Dalšími rozdíly jsou zohlednění specifík každého vozidla jako dodatečná výbava se vztahem k emisím a spotřebě a body přerazování specifické dle převodových poměrů každé převodovky. Teplota měření u WLTP (23 °C) zůstává v toleranci NEDC (20 – 30 °C).

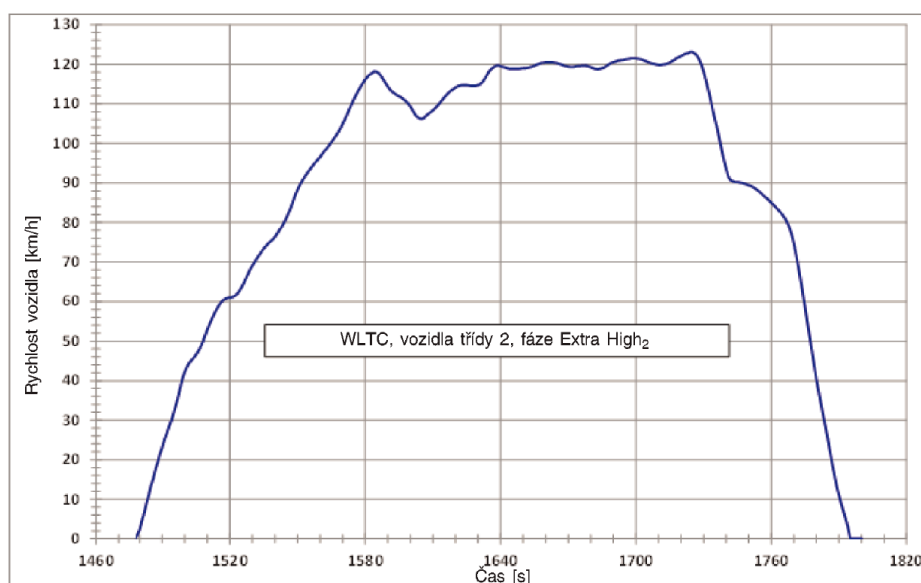
WLTP je také lépe koncipován pro hybridní vozidla a elektromobily. Jako příklad lze uvést Nissan Leaf, jehož městské a kombinované dojezdy činí 378 a 241 km, kdežto dle WLTP (zohledněna palubní nabíječka) se dostáváme k hodnotám 415 a 285 km. [42] [43] [44]

RDE je měření emisí prováděné během skutečného provozu vozidla v reálném provozu. Na vozidlo je připevněno mobilní zařízení pro měření emisí (PEMS – Portable Emission Measuring Systems) a testované vozidlo vykoná testovací trasu kombinující rozličné provozní podmínky jako jsou velké změny nadmořské výšky, celoroční klima, dodatečné zatížení, městský provoz za malých rychlostí, mimoměstský provoz středních rychlostí a dálniční jízda na dálničním limitu. PEMS po celou dobu jízdy zaznamenává a vyhodnocuje data o emisích ve spojení s profilem trati, okolními podmínkami a řídicí jednotkou vozidla. [45]

*Obr. 25 – fáze Low [42]**Obr. 26 – fáze Medium [42]*



Obr. 27 – fáze High [42]



Obr. 28 – fáze Extra High [42]

## 7.2 KOOPERACE MĚŘENÍ

RDE je velkým pokrokem v měření emisí, ale jeho nevýhodou je, že není schopno v každém testu změřit stejné výsledky v porovnání s některým z testů na dynamometru jako jsou NEDC nebo WLTP, které jsou k opakovaným měřením přímo určeny. Jízdní testy na dynamometru zase nedokáží věrně reprezentovat hodnoty z reálu, proto je třeba využít více měření a jednotlivé dílčí výsledky porovnávat. Tedy výsledek RDE je porovnáván s výsledkem WLTP a při akceptovatelné odchylce bude vozidlo schváleno k provozu, resp. k prodeji. [42] [43]

## 8 DIESELGATE

Září roku 2015 bylo vzhledem k emisím automobilů dosti bouřlivé. Vypukla totiž kauza, která je dnes již dobře známá pod názvem Dieseldgate. Šlo o odhalení podvodů koncernu VW, který softwarovou cestou obcházel emisní testy při homologaci svých vozidel. Vozidlo rozeznalo měřicí cyklus a změnilo své charakteristiky pro omezení vypouštění nežádoucích oxidů dusíku pro dosažení podlimitních hodnot.

### 8.1 PRŮBĚH

Nejprve byla kauza odhalena pouze v USA, kde agentura EPA (Agentura pro ochranu životního prostředí) začala pracovat na dalším odhalování a dokazování. Postupně se zjistilo, že upravený software řídící jednotky motoru se netýká jen pár vozů Audi a Volkswagen, jak vypadaly úvodní domněnky, ale že se týká všech moderních turbodieselů rodiny EA189 z produkce tohoto koncernu. Tyto motory byly v produkci mezi roky 2009 a 2014 a plnily emisní normu EURO 5. Jedná se tedy o motory 1.2 TDI CR, 1.6 TDI CR a 2.0 TDI CR se vstřikováním common-rail a filtry pevných částic. Tyto pohonné jednotky byly nasazovány do širokého portfolia modelů značek tohoto koncernu. Z celkových cca 11 milionů dotčených vozů je přibližně 1,2 milionů s logem Škoda Auto. Přímo v ČR je vozidel s inkriminovanou pohonnou jednotkou kolem 168 000 kusů.

V novější rodině motorů splňujících emisní normu EURO 6 by již tento software neměl být nainstalován, ale jak se ukázalo již minulý rok, byly svolávány též vozidla s motory 3,0 TDI V6, které by měly plnit EURO 6, ale také při reálné jízdě násobně překračovaly povolené množství vypouštěných emisí. Proto je možná jen otázkou času, kdy a u kterých jiných motorů se problémy objeví. [46]

### 8.2 ŽALOBY

Později se kromě agentury EPA v USA začali bránit také evropští motoristé prostřednictvím hromadných žalob. Také v České republice vznikla firma s názvem Dieseldgate, s.r.o., která koncesionářsky zaštiťuje poškozené osoby a místo hromadné žaloby, které nelze v ČR podat, podává svým jménem jednu velkou žalobu. Požaduje pro každého svého zákazníka 125 000 Kč, což je v přepočtu částka, kterou byli odškodněni Američtí majitelé těchto vozů. Prozatím zaplatil koncern VW pokuty ve výši 25 miliard eur. [47]

Na druhé straně probíhají také vyšetřování dnes již bývalých zaměstnanců VW, kdy bývalému šéfovi celého koncernu Volkswagen AG Martinu Winterkornovi hrozí až 25 let odnětí svobody

a je na něj vypsán zatykač, jen ho nemusí Německá spolková republika vydat ke stíhání. Obvinění zní jako zločinné spolčení, které mělo za cíl utajit před úřady podvody s měřením emisí. V několika prezentacích a dokumentech ze zajištěných počítačů bylo totiž zjištěno, že Martin Winterkorn o ovlivňování emisí věděl, a ještě v červenci roku 2015 na firemní poradě řešili téma obtížného získávání americké homologace pro vozidla modelového roku 2016. Winterkorn sice tvrdí, že o ničem nevěděl, ale kromě něj se vyšetřování přímo týká také dalších nejméně pěti vysoce postavených manažerů.

Ve vězení si již odbyvají své tří- a sedmileté tresty James Liang (jeden z inženýrů) a Oliver Schmidt (vedoucí vývojového centra v Michiganu). [48]

### 8.3 OSTATNÍ VÝROBCI

Celou dobu se mluví hlavně o německém koncernu VW, ale i u jiných Evropských výrobců byly odhaleny jisté nestandardní specifikace softwarů řídících jednotek, které při testech mohly mít zásadní vliv na finální výsledek.

Spekulovalo se hodně o francouzském Renaultu a Italském Fiatu, avšak tyto automobilky a ani žádná jiná kromě VW, se oficiálně k žádnému podvodu nepřiznaly a buď se ihned distancovaly od jakýchkoliv spekulací, nebo se odkázaly například na místní úřady, které zaštiťovaly homologace jednotlivých vozidel. [49] [50]

### 8.4 DOPADY NA SPOLEČNOST

V USA byl koncern Volkswagen AG přinucen kromě odškodnění majitelů také odkoupit vozy a následně je pro možný opětovný prodej upravit (z více než 335 000 vykoupených vozů prozatím znovu prodali 11 000 a 28 000 zlikvidovali; ostatní by měly jít do dvou let znovu do prodeje), v Evropě také musí odstranit své chyby tak, aby motory plnily povolené limity vypouštěných emisí i mimo klasický jízdní cyklus. U různých motorů bylo přistoupeno k odlišným nápravám. Motory 1,6 TDI byly vybaveny, kromě přehrání softwaru, odlišným sáním, resp. přidáním drobného síta do sání, což má za následek usměrnění proudění vzduchu, jeho mírné přískrcení a lepší funkci váhy vzduchu. U dvoulitrových jednotek se úprava vztahuje pouze na přehrání softwaru. [51]

Výrobce udával, že zákazníci nepoznají žádný rozdíl mezi chováním vozidla před a po úpravě (maximálně mírné zvýšení spotřeby), avšak po větším počtu upravených vozidel vychází najevo skutečnosti přímo od provozovatelů a majitelů. Ti na fórech, v dotaznících a v rozhovorech uvádí, že jsou rozdíly někdy doslovně hmatatelné – např. když se podstatně více přenáší vibrace motoru do interiéru.



V Británii si právnická firma Slater a Gordon nechala vypracovat průzkum, kterého se zúčastnilo celkem 17 000 respondentů, ze kterých obdrželo nový software řídící jednotky více než jedenáct a půl tisíce majitelů. Z těchto respondentů je rovných 40 % osob (přes 4600 osob) nespokojených s projevem jejich vozu po úpravě, což hovoří přímo proti úvodnímu tvrzení vedení VW, že zhoršení projevu vozu se týká jen opravdu malého procenta zasažených. Převážně se jedná o již zmíněné vibrace, snížení výkonu a dynamiky a zvýšení spotřeby.

K názorům laiků je třeba brát v potaz také názor odborníků na mechanické následky provedených úprav, protože u mnoha vozů už je prokazatelně dokázáno zvýšení opotřebení drahých součástí v podobě vstřikovačů, filtrů pevných částic a v návaznosti na ně také turbodmychadla. Také proto se v Německu už rozmohlo vrácení původního softwaru namísto upraveného. Zákazníci to mnohdy spojují s navýšením výkonu, tzv. chiptuningem, a proto je i celkový výsledek snižování emisí diskutabilní. [52] [53] [54]

Německo, které v rámci Evropy řeší dieselgate snad nejvíce, vyhlásilo zákaz provozování vozidel, které neprojdou nápravou, tedy již zmíněným přehráním softwaru a úpravou sání. Také probíhala rozsáhlá debata týkající se zákazu vjezdu naftových vozidel do některých německých měst. Zákazy se během několika let měly týkat několika desítek měst napříč celým Německem a zahrnovaly by všechny osobní vznětové motory, i ty splňující nejpřísnější normu EURO 6. Později Stuttgart i Düsseldorf zmírnily rozhodnutí na všechny osobní vznětové vozy vyjma EURO 6. Takové masivní rozhodnutí by mělo dramatický dopad na celý motorismus, protože by na jednu stranu do zbytku Evropy putovaly naftové vozy s velkým poklesem hodnoty, protože je jich v Německu přibližně 15 milionů. Na druhou stranu by došlo k velké obnově vozového parku směrem k zážehovým motorům, které ovšem také nejsou úplně „nejčistší.“ Některé země se dokonce nechaly slyšet, že mají v úmyslu krom úplného zákazu vjezdu automobilů do některých svých měst také úplný zákaz prodeje nových automobilů se spalovacími motory. [55]

Prozatím byly všechny úvahy o zákazu vjezdu naftových vozidel do center měst odloženy a není jasné kdy a jak se tento problém rozlouskne. I pro automobilky bude ale lepší volbou zainvestovat do vývoje než riskovat totální zákazy prodeje, kterých by se v případě černého scénáře mohlo chytat, po úspěchu jedné, čím dál více zemí. [56]

## 9 SHRnutí TÉMATIKY

### 9.1 KLADY

Nebýt emisních norem, neměli by výrobci sebemenší důvod zavádět jakékoliv mechanismy na snižování emisí a například od normy EURO 1 po EURO 6 je znatelný pokrok k ekologičtějším vozům. Jsou omezovány jak oxidy uhlíku a dusíku, tak jsou kontrolovány též emise síry, nespálené uhlovodíky a v neposlední řadě také pevné částice. S dnešním množství automobilů by bez dohledu nad jejich emisemi byla příroda mnohem více znečištěna, ozonové díry by byly větší a respirační onemocnění by se týkaly mnohem většího podílu obyvatel planety Země.

### 9.2 ZÁPORY

Norma NEDC ve své době dobře posloužila k nasměrování dopravních prostředků směrem k ekologii, ale po tolika letech je ji už třeba nahradit normou, která bude držet krok s vývojem, nebude zastaralá a bude možné ji do budoucna upravovat a vylepšovat. Snad bude norma WLTP vhodným nástupcem a nebudeme se i v jejím případě setkávat s problémy typu nejednoznačnosti výkladu, mezerami v předpisech atp., jak vidáme u aktuální normy NEDC.

Jako teoretickou nevýhodu při laboratorním měření jednoho jízdního cyklu lze považovat také lidský faktor. Pracovník je sice zkušený a proškolený, musí celý jízdní test „projet v jednom zátahu“, ale i tak se dá v rámci časových intervalů zrychlovat a zpomalovat pozvolněji nebo rychleji, tedy odchylky může být dosaženo i zde.

### 9.3 VLASTNÍ NÁZOR

Elektromobily jsou hodně diskutovaným tématem, navíc mnohdy jsou klamně prezentovány jako bezemisní, což je hrubý omyl. Zajímavým zjištěním je, že elektromobily při výpočtu jejich spotřeby a po započtení emisní stopy vyráběné elektřiny „vypouští“ vlastně srovnatelné množství CO<sub>2</sub> jako konvenční automobily. Samozřejmě záleží na způsobu výroby elektřiny a podílu fosilních a obnovitelných zdrojů. V celkovém měřítku se přepočítaná spotřeba elektromobilu rovná od 1,1 l/100 km až po 11,8 litrů benzínu na sto kilometrů dle každého specifického trhu. Nejnížší hodnoty jsou dosaženy v zemích s velkým podílem energie solární, jaderné, větrné a termální jako je například Island a Norsko, na opačné straně stojí Indie a Čína s velkým podílem elektřiny vyráběné z uhlí. Česká republika se pohybuje přibližně na hodnotě

5,4 l/100 km, a to jsou přepočítány pouze emise ze samotného provozu. Například i v samotném USA se přepočítaná spotřeba dost liší, protože mezi jednotlivými státy panují rozdíly ve výrobě energie (uhlí a zemní plyn). [57] [58] [59]

## 9.4 MOŽNOSTI ZLEPŠENÍ

Již nyní panují názory, že ani WLTP nebude úplně odpovídat hodnotám naměřeným při RDE. Proto se nabízí možnost, aby se bral hlavní zřetel více na reálný provoz než na jízdní test na válcové zkušebně a měřit emise a spotřebu za všech různých klimatických podmínek, hustot provozu, profilů tratí a dalších aspektů ovlivňujících spotřebu a vypouštěné emise. Také trasa vykonaná vozidlem při měření by měla být násobně delší než dosavadní trasy o vzdálenostech pár desítek kilometrů. Na škodu by také nebylo měření emisí průběžně při simulování celé životnosti vozidla, protože 160 000 km jsou pro dnešní vozy minimální porce kilometrů, které za svůj život zvládají. Fleetové a firemní vozy najedou desetitisíce kilometrů během prvních let provozu a za svou životnost jich není mnoho vzdálených od hodnoty půl milionu kilometrů, kdy už je opotřebování součástek znatelné a v závislosti na opotřebování se též zhoršují emise.

Lidský faktor by mohl být odstraněn napojením vozidla k ovládacímu počítači, počítač by byl schopen každé vozidlo zrychlovat a zpomalovat identicky vzhledem k rozšířeným možnostem čtení dat díky OBD II. Počítač by tedy nepotřeboval žádnou toleranci v dosažených rychlostech a časových průbězích zrychlení, výsledky by byly tedy ještě objektivnější, pokud by se nadále mělo spoléhat převážně na laboratorní testy na dynamometru.

## 9.5 VYHLÍDKY DO BUDOUCNA

Již nyní jsou ve výhledu hodnoty, které budou muset automobilky během následujících let plnit. Zajímavostí jsou platné předpisy, které hodnotí celkové množství vypouštěných emisí v součtu celé modelové nabídky, znevýhodňovány jsou automobilky zaměřující se na výkonnější a luxusnější vozy. Někteří výrobci se s tímto problémem snaží popasovat nasazením například jednoho elektromobilu s vysokou cenovkou a ztrátou u každého prodaného vozu, jen za tím účelem, aby byl součet emisí nižší. Pro rok 2021 by měl platit limit 95 g CO<sub>2</sub>/km pro každý prodaný automobil, přičemž každé překročení bude vykoupeno nemalou pokutou za každé prodané vozidlo. Otázkou je, kam budou finance z těchto pokut směřovat (snad na ekologii, když půjde o pokuty spojené s touto problematikou), zaplatí je však noví kupující, kterým budou určitě připočteny ke kupní ceně.

Jsme tedy očividně v začarovaném kruhu, kdy vozy sice s nižšími emisemi, ale, z pohledu úředníků, ne stále dostatečně nízkými budou zdražovány, a tedy samy budou brzdit svůj prodej na úkor stárnoucího vozového parku. [60]

## ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabíral problematikou legislativních testů při hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech. Práce obsahuje jak nastínění způsobů snižování produkce škodlivin, tak přehled legislativních požadavků na soudobé automobily dle norem NEDC a norma NEDC je porovnána s nastupující normou WLTP.

První zmínky o emisních normách pochází z druhé poloviny dvacátého století z Kalifornie, postupně vznikaly emisní normy v různých částech světa a postupně se vyvíjely a vyvíjí. Hlavními důvody, proč již norma NEDC nevyhovuje jsou její zastaralost a hlavně ohromný rozdíl mezi emisemi vypouštěnými při skutečné jízdě a právě při laboratorním jízdním testu. Rozdíly jsou způsobeny tím, že automobily postupem času přišly na různé cesty, jak emise laboratorně snížit, a přitom tyto opatření v reálu příliš nefungují.

Nové normy a měření nahradí stávající normy, budou více zohledňovat hybridní pohony a také budou lépe korespondovat s pokrokem automobilismu z pohledu vyšších rychlostí, pohonných jednotek a dosahovaných výkonů.

Pro ještě přesnější stanovení vypouštěných emisí by bylo vhodné spoléhat mnohem více na reálnou jízdu, tu vykonávat za rozličných provozních podmínek a provádět ji na mnohem delších vzdálenostech, ze kterých by výsledek mnohem více korespondoval s realitou skutečného provozu. Mnoho vozů prodávaných mezi roky 2009 až 2016 totiž nesplňuje ani normu EURO 3, která vstoupila v platnost v roce 2001.

Do budoucna se můžeme díky přísným emisním předpisům setkat s tím, že nové automobily, kvůli navýšení ceny o pokuty z překročení emisí, budou samy zpomalovat obnovu stárnoucího vozového parku.

## SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] *Složení vozového parku v ČR.* In: *autosap.cz* [online] [09-03-2018].  
Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>
- [2] *Cars and global warming.* In: *ucsusa.org* [online] [09-03-2018].  
Dostupné z: <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/car-emissions-and-global-warming>
- [3] *Percussion massage – an excellent tool for fighting cough in adults and children.*  
In: *acikgunluk.net* [online] [09-03-2018]. Dostupné z: <https://acikgunluk.net/massazh-perkussionnyj-otlichnoe-sredstvo-dlya-borby-s-kashlem-u-vzroslyh-i-detej/>
- [4] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika.* Praha: Sobotáles, 2001. ISBN 80-85920-76-X
- [5] *Emise výfukových plynů.* In: *Autolexikon.net* [online] [cit. 03-03-2018].  
Dostupné z: <http://cs.autolexikon.net/articles/emise-vyfukovych-plynu/>
- [6] *Emise výfukových plynů.* In: *Novinky.cz* [online] [cit. 03-03-2018].  
Dostupné z: <http://tema.novinky.cz/emise-vyfukovych-plynu/>
- [7] *Výfukové plyny aut – vliv na zdraví.* In: *Novesluzby.cz* [online] [cit. 03-03-2018].  
Dostupné z: <http://novesluzby.cz/zdravi-a-zdrava-vyziva/vyfukove-plyny-aut-vliv-na-zdravi/>
- [8] *Vliv emisí na zdraví.* In: *Hluk.eps.cz* [online] [cit. 03-03-2018].  
Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi/>
- [9] *Čištění odpadních vod a plyných emisí.* In: *fs.cvut.cz* [online] [09/03/2018].  
Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/pavel.hoffman/PREDMETY/COVP/covpe.htm>
- [10] *Seven reasons why horse is better than car.* In: *indoexpatriate.wordpress.com* [online] [09-03-2018]. Dostupné z: <https://indoexpatriate.wordpress.com/2013/04/16/seven-reasons-why-horse-is-better-than-car/>
- [11] *History od Reducing Air Pollution from Transportation in the United States (U.S.).*  
In: *Epa.gov* [online] [cit.03.03.2018]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/air-pollution-transportation/accomplishments-and-success-air-pollution-transportation>
- [12] *History of Air Resources Board.* In: *Arb.ca.gov* [online] [cit. 03-03-2018].  
Dostupné z: <https://www.arb.ca.gov/knowzone/history.htm>

- [13] *Emisní norma EURO*. In: *Autolexicon.net* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [14] *Evropské emisní normy: Jsou s námi už od roku 1970*. In: *Auto.cz* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/technika-evropske-emisni-normy-jsou-s-nami-uz-od-roku-1970-94232>
- [15] *FTP-75*. In: *Dieselnet.com* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>
- [16] *SFTP-SC03*. In: *Dieselnet.com* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: [https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp\\_sc03.php](https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp_sc03.php)
- [17] *HWFET*. In: *Dieselnet.com* [online] [09-03-2018]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/hwfet.php>
- [18] *SFTP-US06*. In: *Dieselnet.com* [online] [03-03-2018]. Dostupné z: [https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp\\_us06.php](https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp_us06.php)
- [19] *Japanese 10-15 Mode*. In: *Dieselnet.com* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: [https://www.dieselnet.com/standards/cycles/jp\\_10-15mode.php](https://www.dieselnet.com/standards/cycles/jp_10-15mode.php)
- [20] *Ideální směs*. In: *Ngk.de* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <https://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/lambda-sondy/zakladni-vedomosti-o-emisich/idealni-smes>
- [21] *Engine Sensors*. In: *volvoclub.org.uk* [online] [16-03-2018]. Dostupné z: <https://www.volvoclub.org.uk/faq/EngineSensors.html>
- [22] HROMÁDKO, J., HROMÁDKO, J., HÖNIG, V., MILER, P. *Spalovací motory*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, a. s., 2011. 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [23] *Systém recirkulace spalín*. In: *vitejtenazemi.cz* [online] [cit. 16-03-2018]. Dostupné z: [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=system\\_recirkulace\\_spalin&site=doprava](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=system_recirkulace_spalin&site=doprava)
- [24] *Katalyzátor*. In: *Autolexicon.net* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/katalyzator/>
- [25] *Funkce katalyzátoru*. In: *dpf-ftg.cz* [online] [cit. 16-03-2018]. Dostupné z: <https://www.dpf-ftg.cz/funkce-katalyzatoru>
- [26] *Palivové soustavy zážehových motorů se vstřikováním paliva*. In: *tznj.cz* [online] [cit. 16-03-2018]. Dostupné z: [http://www.tznj.cz/uploads/ucebnice\\_top1/files/16.html](http://www.tznj.cz/uploads/ucebnice_top1/files/16.html)

- [27] *Selektivní katalytická redukce (SCR): Jak funguje systém, který umožňuje dieselům přežít.* In: *Autobible.euro.cz* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/selektivni-katalyticka-redukce-scr-kterak-se-zly-nox-stal-hodnym-dusikem>
- [28] *Snižování emisí ve výfukových plynech.* In: *mmspektrum.com* [online] [cit. 16-03-2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/snizovani-emisi-ve-vyfukovych-plynech.html>
- [29] *Filtr pevných částic: noční můra majitelů dieselů.* In: *auto.idnes.cz* [online] [cit. 03-03-2018]. Dostupné z: [https://auto.idnes.cz/fap-dpf-filtr-pevných-castic-diesel-duk-/auto\\_ojetiny.aspx?c=A160916\\_104200\\_auto\\_ojetiny\\_fdv](https://auto.idnes.cz/fap-dpf-filtr-pevných-castic-diesel-duk-/auto_ojetiny.aspx?c=A160916_104200_auto_ojetiny_fdv)
- [30] *Funkce DPF.* In: *dpf-ftg.cz* [online] [cit. 16-03-2018]. Dostupné z: <https://www.dpf-ftg.cz/funkce-dpf>
- [31] *How does the car lab test work?* In: *caremissiontestingfacts.eu* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <http://www.caremissiontestingfacts.eu/nedc-how-do-lab-tests-work/>
- [32] *Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhání?* In: *auto.cz* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/wltp-novy-homologacni-emisni-test-110305>
- [33] *What is a real driving emissions (RDE) test?* In: *caremissiontestingfacts.eu* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <http://www.caremissiontestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/>
- [34] *Nové metodiky měření: WLTP a RDE Reforma s výhodou pro zákazníky.* In: *autobible.euro.cz* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/nove-metodiky-mereni-wltp-rde-reforma-vyhodou-zakazniky/>
- [35] *Technické prohlídky a měření emisí vozidel.* In: *nejblizsi-stk.cz* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <http://www.nejblizsi-stk.cz/clanky/technicke-prohlidky-a-mereni-emisi-vozidel>
- [36] *Měření emisí v roce 2017: Co všechno se změní? A kdo už neprojde?* In: *auto.cz* [online] [cit. 17-03-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mereni-emisi-v-roce-2017-co-vsechno-se-zmeni-a-kdo-uz-neprojde-106691>
- [37] *Směrnice Rady 70/220/EHS, 31970L0220.* In: *eur-lex.europa.eu* [online] [cit. 31-03-2018]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0220&from=CS>



- [38] PAPOUŠEK, M., ŠTĚRBA, P., *Diagnostika spalovacích motorů*. Brno: Computer press, 2007. ISBN 978-80-251-1697-5
- [39] *Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 715/2007, 32007R0715*. In: *eur-lex.europa.eu* [online] [cit. 31-03-2018]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&qid=1522513265608&from=EN>
- [40] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 83, 42015X0703*. In: *eur-lex.europa.eu* [online] [cit. 31-03-2018]. Dostupné z: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0703\(01\)&from=CS](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0703(01)&from=CS)
- [41] *Limity emisí NOx překračuje 95 procent dieselů*. In: *autoforum.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/limity-emisi-nox-prekracuje-95-procent-dieselu-toto-jsou-nejvetsi-hrisnici/>
- [42] *Nařízení komise (EU) 2017/1151, 32017R1151*. In: *eur-lex.europa.eu* [online] [cit. 01-04-2018]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1151&qid=1522571509530&from=CS>
- [43] *From NEDC to WLTP: What will change?* In: *wltpfacts.eu* [online] [cit. 01-04-2018]. Dostupné z: <http://wltpfacts.eu/from-nedc-to-wltp-change/>
- [44] *Rozlučte se s NEDC, je tu WLTP!* In: *hybrid.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/rozlucte-se-s-nedc-je-tu-wltp-novy-nissan-leaf-ujede-285-km>
- [45] *What is real driving emissions (RDE) test?* In: *caremissionstestingfacts.eu* [online] [cit. 01-04-2018]. Dostupné z: [http://www.caremissionstestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/?gclid=Cj0KCQjwhoLWBRD9ARIsADIRaxQXuVpdfi5aU6BDXjG\\_VZgT3dguAW0x0iqpUR4cUSNCLLG6IT6tEzkaAgooEALw\\_wcB](http://www.caremissionstestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/?gclid=Cj0KCQjwhoLWBRD9ARIsADIRaxQXuVpdfi5aU6BDXjG_VZgT3dguAW0x0iqpUR4cUSNCLLG6IT6tEzkaAgooEALw_wcB)
- [46] *Volkswagen svolává desetitisíce touaregů kvůli podvodům s emisemi*. In: *novinky.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/457761-volkswagen-svolava-desetitisice-touaregu-kvuli-podvodum-s-emisemi.html>
- [47] *Odškodnění v emisním skandálu VW*. In: *diesel-gate.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.diesel-gate.cz/>
- [48] *Bývalý šéf VW obviněn v kauze Dieseldgate, hrozí mu 25 let*. In: *svetmobilne.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.svetmobilne.cz/byvaly-sef-vw-obvinen-v-kauze-dieseldgate-hrozi-mu-25-let/6354>

- [49] *Renault odmítá nařčení, že Espace 1,6 dCi má až 25x vyšší emise.* In: *auto.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/renault-odmita-narzeni-ze-espace-1-6-dci-ma-az-25x-vyssi-emise-90728>
- [50] *Splňují Fiaty emise jen 22 minut?* In: *auto.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/splnuji-fiaty-emise-22-minut-94759>
- [51] *Obří hřbitov volkswagenů v poušti. V USA skladují 350 tisíc aut kvůli Dieseldate.* In: *denik.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/volkswagen-kam-se-podivas-automobilka-v-usa-skladuje-350-tisic-aut-20180330.html>
- [52] *Dokumenty ze soudní pře odhalily, kolik TDI z Dieseldate po opravě skutečně zlobí.* In: *autoforum.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/detaily-soudniho-sporu-odhalily-kolik-tdi-z-dieseldate-po-oprave-zlobi-a-vw-ma-problem/>
- [53] *„Cinklým“ TDI po opravě odchází drahé komponenty. A VW to nejspíš dobře ví.* In: *autoforum.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zivot-ridice/cinklym-tdi-po-oprave-odchazi-drahe-komponenty-podivejte-se-co-vse-se-kazi/>
- [54] *Úprava motoru 1. + TDI kvůli Dieseldate: CO přinese ucpávka? Třeba vyšší spotřebu...* In: *auto.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/upravy-motoru-1-6-tdi-kvuli-dieseldate-co-prinese-ucpavka-treba-vyssi-spotrebu-90742>
- [55] *Klid! Moderních dieselů se zákaz vjezdu do německých měst týkat nebude.* In: *autorevue.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/klid-modernich-dieselu-se-zakaz-vjezdu-do-nemeckych-mest-tykat-nebude>
- [56] *Úplný zákaz dieselů v německých městech? Připravte se na něj, vzkázal soud.* In: *idnes.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: [https://ekonomika.idnes.cz/diesely-zakaz-nemecko-soud-rozhodnuti-emise-fmx-/eko-doprava.aspx?c=A180227\\_122924\\_eko-doprava\\_rts](https://ekonomika.idnes.cz/diesely-zakaz-nemecko-soud-rozhodnuti-emise-fmx-/eko-doprava.aspx?c=A180227_122924_eko-doprava_rts)
- [57] *Kolik emisí CO<sub>2</sub> vypouštějí elektromobily? Klidně i 370 g/km.* In: *autorevue.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/kolik-emisi-co2-vypousteji-elektromobily-klidne-i-370-g/km>
- [58] *Jak zelený je elektromobil? Jeho emise nejsou nulové, upozorňuje Bloomberg.* In: *irozhlas.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/bloomberg-elektromobil-emise-ekologie\\_1803021145\\_dbr](https://www.irozhlas.cz/zivotni-styl/auto/bloomberg-elektromobil-emise-ekologie_1803021145_dbr)

- [59] *How green are electric cars?* In: *theguardian.com* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/football/ng-interactive/2017/dec/25/how-green-are-electric-cars>
- [60] *Automobilky nestíhají snižovat emise. Budou platit miliardové pokuty.* In: *idnes.cz* [online] [cit. 13-05-2018]. Dostupné z: [https://auto.idnes.cz/emise-pokuty-co2-oxid-uhlicity-elektromobil-fz6-/automoto.aspx?c=A171002\\_123840\\_automoto\\_fdv](https://auto.idnes.cz/emise-pokuty-co2-oxid-uhlicity-elektromobil-fz6-/automoto.aspx?c=A171002_123840_automoto_fdv)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\lambda$	[-]	Součinitel přebytku vzduchu Lambda
$\rho$	[g/m <sup>3</sup> ]	Hustota vypočítávané škodliviny
<i>AdBlue</i>	[-]	Roztok močoviny
<i>C*</i>	[%]	Korigovaná koncentrace škodliviny v odebraném plynu
<i>CARB</i>	[-]	California Air Resources Board (Agentura pro vzdušné zdroje)
<i>C<sub>CO</sub></i>	[%]	Koncentrace oxidu uhelnatého
<i>C<sub>CO2</sub></i>	[%]	Koncentrace oxidu uhličitého
<i>C<sub>COcorr</sub></i>	[obj. %]	Korigovaná koncentrace oxidu uhelnatého
<i>CNG</i>	[-]	Kapalný zemní plyn
<i>CO</i>	[-]	Oxid uhelnatý
<i>CO<sub>2</sub></i>	[-]	Oxid uhličitý
<i>CO<sub>x</sub></i>	[-]	Oxidy uhlíku
<i>C<sub>P</sub></i>	[%]	Koncentrace škodliviny ve výfukovém plynu
<i>CR</i>	[-]	Common rail
<i>C<sub>V</sub></i>	[%]	Koncentrace škodliviny v ředícím vzduchu
<i>d</i>	[km]	Ujetá vzdálenost
<i>D</i>	[-]	Režim automatické převodovky – jízda
<i>DF</i>	[-]	Faktor ředění výfukových plynů (benzín)
<i>DPF</i>	[-]	Filtr pevných částic
<i>EC</i>	[-]	Evropská komise
<i>EGR</i>	[-]	Recirkulace výfukových plynů
<i>EPA</i>	[-]	U.S. Environmental protection agency (Agentura pro ochranu životního prostředí)
<i>EURO</i>	[-]	Emisní norma
<i>FTP-75</i>	[-]	Federal Test Procedure (Federální zkušební procedura)
<i>GPS</i>	[-]	Globální polohový systém
<i>H<sub>2</sub>O</i>	[-]	Voda
<i>HC</i>	[-]	Uhlovodíky
<i>HWFET</i>	[-]	SImulace jízdy po dálnici
<i>C<sub>HC</sub></i>	[%]	Koncentrace uhlovodíků

$k_h$	[-]	Korekční faktor vlhkosti
<i>LPG</i>	[-]	Kapalný propan-butan
<i>M</i>	[g/kg]	Měrná hmotnost škodliviny
$m_e$	[g]	Hmotnost částic zachycených na filtru
<i>N</i>	[-]	Režim automatické převodovky – neutrál
<i>NEDC</i>	[-]	New European Driving Cycle (Nový Evropský Jízdní Cyklus)
<i>NO</i>	[-]	Oxid dusný
<i>NO<sub>2</sub></i>	[-]	Oxid dusičitý
<i>NO<sub>x</sub></i>	[-]	Oxidy dusíku
<i>OBD</i>	[-]	On-board diagnostics (Palubní diagnostika)
<i>P</i>	[-]	Režim automatické převodovky – parkování
<i>Pb</i>	[-]	Olovo
<i>PC</i>	[-]	Pevné částice
<i>PEMS</i>	[-]	Mobilní emisní měřící zařízení
<i>RDE</i>	[-]	Real Driving Emissions (Emise reálné jízdy)
<i>SCR</i>	[-]	Selektivní katalytická redukce
<i>SFTP</i>	[-]	Simulace agresivní jízdy
<i>US06</i>		
<i>SFTP</i>	[-]	Doplňující test
<i>US03</i>		
<i>SME</i>	[-]	Stanice měření emisí
<i>SO<sub>2</sub></i>	[-]	Oxid siřičitý
<i>SO<sub>x</sub></i>	[-]	Oxidy síry
<i>SPZ</i>	[-]	Státní poznávací značka
<i>STK</i>	[-]	Stanice technické kontroly
<i>TDI</i>	[-]	Turbocharged Diesel Injection
$V_{ex}$	[m <sup>3</sup> ]	Objem výfukových plynů procházejících skrze částicové filtry
$V_{mix}$	[m <sup>3</sup> ]	Objem odebraných výfukových plynů korigovaný na standartní atmosférické podmínky
<i>WLTP</i>	[-]	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (Celosvětová harmonizovaná testovací procedura lehkých vozidel)